



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**USO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
GLOBAL (GPS GNSS RTN) PARA EL
LEVANTAMIENTO DE HECHOS DE TRÁNSITO
TERRESTRE EN LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERÍA
CON OPCIÓN TERMINAL EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE

Presenta:

ING. JAVIER BENITEZ ESCOBAR

Director de tesis:

M. EN I. EDGARDO TORRES TREJO



BUAP

Oficio No. 3129/2018

C. Javier Benítez Escobar

Pasante de la Maestría en Ingeniería
con opción terminal en Tránsito y Transporte
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Uso del sistema de posicionamiento global (GPS GNSS RTN) para el levantamiento de hechos de tránsito terrestre en la ciudad de Puebla, México.** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Tránsito y Transporte. Asignándose como Director al M.I. Edgardo Torres Trejo.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Zaragoza, octubre 30 de 2018.

M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director

C.c.p. M.I. Edgardo Torres Trejo, Director del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

ABH/JLSM/sco*

M. I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, BUAP.
P R E S E N T E

POSTULANTE: ING. JAVIER BENITEZ ESCOBAR

EL SUSCRITO **Dr. EDGARDO TORRES TREJO**, ASESOR DEL TEMA DE TESIS DENOMINADO “**USO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS GNSS RTN) PARA EL LEVANTAMIENTO DE HECHOS DE TRÁNSITO TERRESTRE EN LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO**”, PRESENTADO POR EL **ING. JAVIER BENITEZ ESCOBAR**, POSTULANTE DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN TRANSITO Y TRANSPORTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y EN ATENCIÓN AL OFICIO No. **3129/2018** DE FECHA 10 DE 10 DEL 2018, ME PERMITO INFORMAR A USTED QUE DESPUÉS DE HABER REVISADO LA TESIS CORRESPONDIENTE Y DE VERIFICAR QUE SE HAN ATENDIDO LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE CARÁCTER TÉCNICO Y DE EDICIÓN, NO EXISTE INCONVENIENTE ALGUNO EN AUTORIZAR LA IMPRESIÓN DE LA MISMA, LO QUE HAGO DE SU CONOCIMIENTO PARA LOS EFECTOS LEGALES A QUE HAYA LUGAR.

SIN OTRO PARTICULAR, RECIBA UN CORDIAL SALUDO.

A T E N T A M E N T E
H. PUEBLA DE ZARAGOZA, A 03 DE DICIEMBRE DE 2018



Dr. EDGARDO TORRES TREJO

C.c.p. **Dr. Alejandro Bautista Hernández**, Secretario de investigación y estudios de posgrados, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.

C.c.p. **M.I. José Luis Stefanoni Minutti**, Coordinador de la Maestría en Ingeniería en Tránsito y Transporte, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.

Mesa de Exámenes Profesionales.

Expediente/minutario.

Archivo

DEDICATORIAS

Agradezco a Dios, por bendecirme todos los días de mi vida y darme la fortaleza de seguir adelante.

A mi esposa, colega, amiga y compañera, Ing. Alma Delia Rojas Romero, por tenerme la paciencia y comprensión además de su participación en esta investigación. Gracias por ser mi hogar, con tu amor y apoyo incondicional, impulsando nuestro éxito en esta etapa de nuestras vidas.

A mis Hijos, por su impulso y énfasis en seguir adelante, fuente de amor e inspiración en mi vida.

A mis padres, Ana Escobar y Eduardo Benitez por forjarme y darme su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi existencia, haciendo de mí una persona de bien.

A mis hermanos, Eduardo, José Luis y Anayeli, por su apoyo y cariño.

A mi asesor de Tesis, el Dr. Edgardo Torres Trejo, por el esfuerzo y apoyo que realizo en el trabajo de esta tesis.

A mis maestros, que su labor muchas veces esta subestimada, enfocada en cuidar los saberes del mundo, y que permite a otros, expandir sus conocimientos. Nos ayudan a vivir del sueño de superarnos y cumplir nuestras expectativas y de ir siempre por la constante mejora. Por lo que exalto su trabajo y les agradezco con creces por ayudarme a lograr esta nueva meta y continuar caminando en hombros de gigantes.

A mi alma mater la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por haberme forjado en sus aulas y se un hogar de conocimientos y enseñanzas a lo largo de mi vida académica.

A las personas que me brindaron la oportunidad de llevar acabo los ensayos de investigación en las instalaciones de la Academia de Seguridad Pública y Tránsito del Municipio de Puebla.

Ikigai (生き甲斐)

Propósito de vida o la razón de ser. - Se centra en aquello que nos apasiona y nos da motivo de levantarnos cada día, mostrando lo mejor de nosotros mismos, pero es mejor aún si podemos imprimir huella en la sociedad y marcar la diferencia, generando bienestar y orgullo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
HIPÓTESIS	9
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
CAPITULO 1 LOS LEVANTAMIENTOS DE HECHOS DE TRÁNSITO TERRESTRE	12
1.1 Elementos de estudio en los hechos de tránsito terrestre	13
1.1.1 El camino.....	14
1.1.1.1 Antecedentes.....	15
1.1.1.2 Condiciones del camino	23
1.1.1.2.1 Geometría del camino	24
1.1.2 El vehículo.....	25
1.1.2.1 Antecedentes.....	25
1.1.2.2 Clasificación de vehículos terrestres.....	27
1.1.2.3 Definición de automóvil.	30
1.1.2.4 Historia del automóvil y la línea del tiempo	31
1.1.2.4.1 Etapa de invención	31
1.1.2.4.2 Etapa de veterana	33
1.1.2.4.3 Etapa del latón o enduardiana.....	34
1.1.2.4.4 Etapa de época.....	34
1.1.2.4.5 Etapa de preguerra.....	35
1.1.2.4.6 Etapa moderna	36
1.1.2.4.7 Etapa futura – Avances tecnológicos.	37
1.1.2.4.8 Súper coches eléctricos	38
1.1.2.4.9 Coches que vuelan... literalmente.....	39
1.1.2.4.10 Vehículos de bolsillo.	40
1.1.2.4.11 Coche y hombre más unidos que nunca.	41
1.1.2.5 Los sistemas de seguridad de los automóviles.....	42
1.1.2.5.1 El cinturón de seguridad.....	43
1.1.2.5.1.1 El cinturón de seguridad de 4 puntos o arnés de 4 puntos	45
1.1.2.5.1.2 El cinturón de seguridad de 5 puntos	46
1.1.2.5.1.3 El cinturón de seguridad para mujeres embarazadas	47
1.1.2.5.1.4 El cinturón de seguridad para niños	50
1.1.2.5.2 El Airbag (bolsa de aire)	51

1.1.2.5.2.1	Tipos de airbags	53
1.1.2.5.3	El reposacabezas	54
1.1.2.5.4	Los cristales	56
1.1.2.5.5	El chasis y la carrocería	58
1.1.2.6	Los sistemas de seguridad activo	61
1.1.2.6.1	El sistema de frenado	61
1.1.2.6.2	El sistema de suspensión	62
1.1.2.6.3	El sistema de dirección	62
1.1.2.6.4	Los neumáticos y su adherencia al suelo	63
1.1.2.6.5	La iluminación	63
1.1.2.6.6	El sistema de control de estabilidad	63
1.1.3	El usuario	64
1.1.3.1	El usuario como conductor	64
1.1.3.2	Limitaciones del conductor	65
1.1.3.3	La visión	66
1.1.3.4	Tiempo de respuesta	69

CAPITULO 2 CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS HECHOS DE TRÁNSITO TERRESTRE71

2.1	La ingeniería de tránsito y los hechos de tránsito terrestre	72
2.2	Los hechos de tránsito en la ciudad de Puebla	75
2.3	Tipos de hechos de tránsito terrestre	79
2.3.1	Colisión entre vehículos	80
2.3.2	Colisión de un vehículo contra un objeto fijo	82
2.3.3	Colisión de vehículo - peatón (atropellamiento)	83
2.3.4	Salida de vehículo y volcadura	85
2.3.5	Caída de persona de un vehículo en movimiento	86
2.3.6	Colisión contra bicicleta y motocicleta	87
2.4	Factores que originan los hechos de tránsito terrestre	88
2.5	Elementos concurrentes en la generación de hechos de tránsito terrestre	90

CAPITULO 3 PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS BÁSICOS PARA LA MEDICIÓN DE UN HECHO DE TRÁNSITO TERRESTRE93

3.1	Técnicas en la investigación de los hechos de tránsito terrestre	94
3.2	Métodos convencionales para la obtención de datos espaciales en el lugar de los hechos	96
3.2.1	Protección y preservación del lugar de los hechos	97
3.2.2	Observación del lugar de los hechos	101
3.2.3	Identificación de indicios en el lugar de los hechos	107
3.2.4	Fijación de indicios	109
3.2.4.1	Descripción escrita	110

3.2.4.2	Fijación fotográfica	110
3.2.4.3	Fijación topográfica planimétrica	114
3.2.4.3.1	Levantamiento de croquis o bosquejo topográfico planimétrico del hecho de tránsito por el método de coordenadas con cinta	116
3.2.4.3.2	Levantamiento de croquis o bosquejo topográfico planimétrico del hecho de tránsito por el método de triangulación con cinta	123
3.2.4.3.3	Levantamiento y registro de huellas del hecho de tránsito terrestre.....	125
3.2.4.3.4	Levantamiento y registro de la geometría de la vialidad del hecho de tránsito terrestre tránsito terrestre.....	127
3.2.4.3.5	Levantamiento y registro de datos generales del croquis o bosquejo topográfico del hecho de tránsito terrestre tránsito terrestre.	130
3.2.4.3.6	La posición geográfica del punto de impacto, la escala, el número de plano y la vista	131
3.2.4.3.7	Nombre de quien conoce el hecho, lugar, fecha y hora del sitio del hecho de tránsito terrestre.	136
3.2.4.3.8	Ejemplo de Levantamiento de croquis o bosquejo topográfico planimétrico del hecho de tránsito por el método de coordenadas con cinta.	138

CAPITULO 4 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN GNSS140

4.1	Introducción a los sistemas GPS GNSS	140
4.2	Tipos de receptores GPS GNSS	146
4.2.1	Receptores de código C/A	146
4.2.2	Receptores de Sistemas de Información Geográfico.....	147
4.2.3	Receptores de banda L1	148
4.2.4	Receptores de banda L1 y L2	149
4.3	Uso del sistema GPS GNSS en Red RTK en Puebla.....	150
4.3.1	Medición GPS GNSS en Tiempo Real.....	151
4.3.2	Medición GPS GNSS en Tiempo Real con Network.....	156

CAPITULO 5 SIMULACIÓN DE UN ESTUDIO DE MEDICIÓN TOPOGRÁFICA - GEODÉSICA DE UN HECHO DE TRÁNSITO TERRESTRE CON EL SISTEMA GPS GNSS DE LA RED DE TRABAJO EN TIEMPO REAL (RTN)159

5.1	Selección de método de medición con equipo GNSS para el levantamiento de un hecho de tránsito terrestre simulado	159
5.1.1	Selección de equipo de medición.....	160
5.2	Instalación de vehículos para la fijación topográfica en la simulación de un hecho de tránsito terrestre.....	163
5.3	Preparación del sitio de simulación de un hecho de tránsito terrestre	164
5.4	Procedimiento de instalación del equipo de medición para el levantamiento topográfico de la simulación de hecho de tránsito terrestre.	166

5.5	Inicialización y conexión del equipo GNSS a la Red RTK GNSS en Puebla	169
5.6	Colecta de datos de las evidencias de la simulación del hecho de tránsito terrestre con el equipo GPS GNSS conectado en Red RTK en Puebla.....	177
5.7	Fijación de la posición de vehículos e indicios con el equipo GNSS SP80 conectado a la Red GNSS RTK de Puebla vía NTRIP	179
5.8	Finalización de la colecta de datos con el equipo GPS GNSS conectado en Red RTK en Puebla.....	185

CAPITULO 6 PROCESAMIENTO, EVALUACIÓN Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL LEVANTAMIENTO DE UN HECHO DE TRÁNSITO TERRESTRE SIMULADO187

6.1	Procesamiento de los datos colectados con el equipo GPS GNSS	187
6.2	Importación de datos espaciales a software de diseño asistido por computadora CAD.	192
6.3	Elaboración del plano del levantamiento del hecho de tránsito terrestre con software CAD	194
6.4	Importación y manejo de archivos geospaciales Shape File en software libre (Google Earth Pro).	197
6.5	Propuesta de algoritmo de manejo de datos colectados para uso en un sistema de información geográfico	200

CONCLUSIONES204

BIBLIOGRAFÍA206

Introducción

Las causas de los accidentes son numerosas y frecuentemente difíciles de determinar a simple vista. La mayoría de los accidentes sucede con tiempo despejado, he involucra conductores sin antecedentes de accidentes anteriores, conduciendo vehículos en buenas condiciones y a velocidades moderadas, sin embargo, muchos otros involucran una o más situaciones peligrosas, tales como: pavimento resbaloso, nieve, niebla, conductores bajo la influencia de alguna sustancia, frenos defectuosos, velocidad excesiva e inadecuado control del tránsito.

Los datos que se obtiene año con año sobre accidentes de tránsito son una guía indispensable para todos los interesados en la pérdida de vidas, número de lesionados y pérdidas económicas. Estos datos ofrecen información básica, necesitada por; ingenieros, organismos gubernamentales, educadores, especialistas en seguridad, compañías de seguros y organizaciones cívicas, entre otros, que apoyan a mejorar la calidad de vida de las personas.

Los archivos de datos sobre accidentes de tránsito, que en algunos casos llevan los organismos policíacos locales, estatales o nacionales, contienen información como: qué lo ocasionó y cuál fue la

causa. Un analista puede utilizar estos datos para dictar medidas correctivas.

En la mayoría de los casos esta fuente de datos representa suficiente evidencia para ser interpretada en la reducción de los accidentes. Sin embargo, llevar el control de una base datos de los hechos de tránsito terrestres comienza a ser tan complejo, tanto como se ve reflejado en su crecimiento poblacional y parque vehicular, del sitio de estudio.

Tan solo en el estado de Puebla se contempla una población de 6,168,833 personas con un parque vehicular registrado de 1,268,776 para el año 2014, según cifras del INEGI. Y para el municipio de Puebla se cuenta con una población de 1,576,259 con un registro de vehículos de 527,859.

La metodología para llevar a cabo la colecta de datos difiere entre ciudades y departamentos policiacos, personas especialistas del área u organismos no gubernamentales, donde la mayoría de los procedimientos son útiles, sin embargo, cabe la posibilidad de estandarizar algunos procedimientos, que permitan un mejor manejo de la información.

La ingeniería de tránsito no solo tiene el papel de trabajar en este ámbito de forma sino también de fondo, como lo es la aplicación de métodos técnicos, tecnológicos y científicos en los levantamientos de hechos de tránsito terrestre, que permitan obtener la recopilación de datos idóneos para estudios posteriores.

Es en este punto donde el uso y aplicación del sistema de posicionamiento global a través de metodologías actuales, tales como la del uso de un solo receptor GNSS y el servicio de corrección de datos del móvil en tiempo real por medio de redes y uso de telefonía celular, hacen posible que una sola persona pueda hacer la colecta de un hecho de tránsito terrestre, con la cantidad de información necesaria, bajo casi cualquier condición ambiental, teniendo como resultado la fijación del hecho de manera espacial y temporal, y a su vez generando un archivo digital del suceso.

Justificación

El crecimiento poblacional y la necesidad de movilidad de las personas, en sus diversas actividades, tienen un incremento desmedido del parque vehicular a nivel global. Aunado a esto, la infraestructura vial es finita, por lo que se ha generado un incremento en los hechos de tránsito terrestre, en todas las ciudades en desarrollo.

Tan solo en México, durante el 2013, fallecieron más de 16 mil personas por hechos de tránsito terrestre. De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), México ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en muertes por accidentes, por encima de las enfermedades infecciosas y por debajo de las enfermedades crónico - degenerativas. De igual forma, los hechos de tránsito terrestre son la primera causa de muerte en niños de 5 a 9 años de edad y la segunda causa, entre los adolescentes y adultos jóvenes entre 10 y 29 años de edad.

El Centro Nacional para la Prevención de Accidentes (CENAPRA), advierte que las instituciones de procuración de justicia del país contabilizan 890,000 incidentes viales al año. Además, las compañías aseguradoras reportan casi 5 millones de percances viales. Esto

implica la necesidad del mismo número de estudios periciales en los hechos de tránsito terrestre.

Los datos completos y actualizados sobre accidentes son necesarios para la ingeniería de tránsito en el reconocimiento del alcance del problema de seguridad vial y para sensibilizar a la población. Los datos fiables y pertinentes, permiten identificar el factor contributivo del accidente individual y global, los cuales ayudan a conocer los antecedentes del comportamiento de riesgo del usuario de la vialidad, además de ofrecer la mejor manera de explorar las posibles prevenciones de accidentes en base a las variables que puedan intervenir en los sucesos de los hechos de tránsito y por consecuencia plantear medidas idóneas con bases técnicas y científicas para reducir o suprimir la incidencia de los accidentes en las vialidades existentes o su uso para la proyección de nuevas vialidades, que puedan contemplar mejores recurso en cuanto una movilidad segura.

El estudio de los elementos asociados al hecho de tránsito terrestre da las bases para identificar los fenómenos de un caso concreto, como parte de la reconstrucción del hecho de tránsito terrestre o en la aplicación de su análisis en conjunto, con patrones identificados de los sucesos históricos en el mismo espacio de incidencia de estos. De ahí, la relevancia de la aplicación de las

técnicas, metodologías y procedimientos adecuados que permitan la obtención de los datos necesarios en el hecho de tránsito terrestre.

Actualmente, existen diversas maneras de obtener una colecta de datos en la investigación forense de los hechos de tránsito terrestre, que complementan la información estadística oficial, en donde se es indispensable obtener un levantamiento geoespacial de la escena del hecho de tránsito terrestre, con su ubicación geográfica precisa y exacta única del evento en el contexto de espacio tiempo.

Es por ello que, la utilización de tecnologías geoespaciales se convierte en alternativa para la elaboración de este tipo de estudios. La aplicación de sistemas de tecnología de punta como es el uso del sistema GPS GNSS RTN, para la medición de las escenas de los hechos de tránsito terrestre que permitirá obtener datos fiables, además de reducir los tiempos y costos de operación.

Uno de los factores importantes en la fijación del hecho de tránsito terrestre es identificar con precisión y exactitud la ubicación geodésica-cartográfica en coordenadas cartesianas, con el fin de unificar una base de datos. Esto permitirá el uso homologado de la información en un solo sistema coordinado de los levantamientos de hechos de tránsito terrestre.

Todos estos factores conllevarán a la representación gráfica y numérica de los levantamientos de hechos de tránsito terrestre. Además, será de gran utilidad en la práctica, respecto a los procesos de investigación forense, la generación de datos geoestadísticos y mapas para el análisis geoespacial, tanto de manera individual como global.

Planteamiento del problema

La medición y fijación del lugar de los hechos de tránsito terrestre en la ciudad de Puebla, así como los elementos materiales probatorios encontrados en el sitio del hecho, realizado por medios convencionales, limitan la optimización y precisión de la colecta de datos, además de las posibles variables que influyan en este. La colecta de datos cumple un factor importante como parte de la investigación y posterior reconstrucción de los hechos de tránsito terrestre de manera individual, y su uso posterior para el análisis de estudios de la ingeniería de tránsito de forma puntual o global de los sucesos ocurridos en determinada región en el espacio-tiempo.

Aunado a lo anterior, en la actualidad no existe un sistema aplicado a la medición y fijación del lugar de los hechos de tránsito que permita documentar, procesar y representar, de manera precisa y exacta, la posición espacial y global de los hechos de tránsito terrestre.

Hipótesis

¿Es posible obtener información con el uso del Sistema Global de navegación por Satelital (GNSS por sus siglas en ingles) en la modalidad de Red con Conocimiento en Tiempo Real por sus siglas en inglés (NRTK) con el cual se colecte y almacene, para procesar y representar gráficamente y numéricamente los elementos básicos que intervienen en los hechos de tránsito terrestre de mayor relevancia, que ocurran en las vialidades de la ciudad de Puebla, con la finalidad de obtener una base de datos de campo exacta en un sistema geográfico estandarizado de medición que permita a los ingenieros de tránsito, especialistas del área e interesados, su uso para el análisis y evaluación espacio-tiempo, que permitan la identificación de patrones o variables, con el objetivo de brindar un panorama cuantitativo sobre el comportamiento y tendencia de los percances viales ocurridos en la ciudad de Puebla?.

Objetivo general

Presentar una propuesta de los beneficios del uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS GNSS RTN) para coleccionar, documentar, procesar y representar gráficamente los levantamientos topográficos - geodésicos de los hechos de tránsito terrestre, como parte esencial para los estudios y análisis geoespaciales de hechos de tránsito terrestre en las zonas urbanas y suburbanas, para su uso posterior en reconstrucción de hechos, auditorias viales y rediseños de ingeniería de tránsito en vialidades existentes del municipio de Puebla, México.

Objetivos específicos

- Documentar y registrar los tipos de hechos de tránsito terrestre y factores que intervienen, para presentar los conceptos esenciales típicos.
- Proponer las técnicas y procedimientos básicos, para la elaboración de la medición de un hecho de tránsito terrestre.
- Proponer los procesos de medición de un hecho de tránsito terrestre, utilizando un equipo de medición satelital GPS con conexión a la red de estaciones de referencia.
- Obtener los principales indicios de un hecho de tránsito terrestre experimental a partir de la fijación topográfica-geodésica.
- Analizar y procesar los resultados obtenidos de la medición experimental de los hechos de tránsito terrestre, para su representación gráfica, y representarla en un plano topográfico.

Capítulo 1 Los levantamientos de hechos de tránsito terrestre

Uno de los estudios relevantes en la Ingeniería de Tránsito es el de los accidentes de tránsito terrestre. Por lo que, las diversas soluciones aplicadas de manera correcta en el análisis del problema pueden brindar resultados valiosos en salvar vidas, evitar personas lesionadas y grandes pérdidas económicas, como lo son las aplicaciones de sistemas antichoque en bifurcaciones o señalamiento de vialetas inteligentes con iluminación nocturna en zonas de niebla. Por ello, es necesario relacionar los accidentes con las causas aparentes y reales, tipos de accidentes, la frecuencia, ubicación, entre otros aspectos que influyen en estos (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007).

La publicación técnica número 224 del Instituto Mexicano del Transporte establece que "actualmente el problema de la seguridad vial es un tema de atención prioritaria por parte de los gobiernos, principalmente por tres tipos de razones: humanitarias, de salud pública y económica" (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007).

1.1 Elementos de estudio en los hechos de tránsito terrestre

Para determinar las causas de los hechos de tránsito terrestre en los que existen daños personales o materiales, es indispensable identificar e interpretar los factores que lo intervinieron.

Lo primero es la observación del lugar, la recopilación de datos y la revisión de los vehículos. Los antecedentes colectados de forma objetiva e inmediata servirán de base para la elaboración del informe, conllevando a diversos aspectos de la investigación, como: recabar información de las personas implicadas, información de los vehículos involucrados y sus características, así como las condiciones geométricas o topográficas del lugar donde se produjo el percance.

La fijación de indicios en el hecho de tránsito terrestre forma parte del análisis de los elementos significativos que intervienen para la reconstrucción de los hechos. Estos elementos contemplan entre muchas cosas la identificación espacial de las huellas de frenado o derrape, la ubicación y posición final de los vehículos y personas entre otros.

Para llevar a cabo estos estudios, se deberá tomar en cuenta procedimientos sistemáticos para la observación y recopilación de datos, tomando en cuenta siempre un control o testigo, no sujeto a

modificaciones, capaz de ser utilizable para ser procesado por cualquier experto del área con los elementos adecuados.

En el levantamiento de los hechos de tránsito terrestre se deben contemplar características idóneas en su procedimiento, con información completa, para llevar a cabo su utilización, capaz de permitir la reconstrucción de los hechos, con los elementos que lo componen de manera espacial.

Los tres principales elementos que componen los estudios de los hechos de tránsito terrestre, están compuestos por: el camino, el vehículo y el usuario, por lo que definiremos algunas características principales de estos, para la comprensión y un mejor entendimiento de los elementos que queremos identificar en sitio.

1.1.1 El camino

Los caminos, senderos, rutas y otras vías de comunicación siempre han sido uno de los símbolos más importantes de todas las civilizaciones avanzadas, desde el principio de los tiempos, ya que han sido necesarias para suministrar alimentos o comercializar entre poblaciones.

Los caminos son una manifestación de la forma en que los grupos humanos organizan el espacio social a partir del geográfico; forman parte de la producción cimentada en el diseño y la planificación cultural, y son verdaderos medios para el intercambio.

1.1.1.1 Antecedentes

Desde hace miles de años y dada las crecientes necesidades de la humanidad de relacionarse e intercambiar productos, además del rápido crecimiento poblacional y el aumento de la densidad de los poblados, la construcción de vías de comunicación ha sido uno de las prioridades de construcción de las civilizaciones avanzadas.

Como muchos saben, uno de los inventos relevantes y que revoluciona la historia de la humanidad, es la invención de la rueda, la cual forma parte de los carros; con esto nace el concepto de vehículo, propulsado por el giro sobre un eje mecánico.

Tras la invención de la rueda y con el desarrollo de grandes civilizaciones, las necesidades militares impulsaron la construcción de caminos carreteros, estimulando el desarrollo de tecnologías.

Hacia 3000 a.c., civilizaciones como el antiguo Egipto, Mesopotamia y del valle del Indo, construyeron caminos, algunos de ellos solían ser tan importantes como lo son actualmente las redes carreteras.

A medida que poblados y ciudades de las primeras culturas se desarrollaban como centros demográficos, políticos, económicos y culturales, demandaron sólidas y fluidas redes de vínculo con otras regiones, factores decisivos para el progreso de la ingeniería y para impulsar la construcción de caminos y carreteras que uniesen puntos distantes del mundo conocido en cada período histórico.

Se considera a los Romanos como los más grandes constructores de caminos, ya que ellos construyeron una red de caminos tan eficiente que se compara con las redes de caminos actuales, la cual contaba con una longitud aproximada de 80,000 kilómetros, esta red de caminos se construyó al mismo tiempo que avanzaba su expansión territorial.

Los caminos romanos eran construidos por especialistas nombrados sensores y curatores, quienes tenía la función de conceder los contratos y supervisar la ejecución de los trabajos.

Al principio, las calzadas se construían en línea recta, uniendo los puntos más cercanos entre dos lugares, lo cual obligaba a los ingenieros de aquella época a diseñar y construir sistemas de circunvalación muy complicados cuando el trazo del camino se encontraba en zonas montañosas.

Los antiguos topógrafos denominados “agrimensores”, se veían forzados a replantear las líneas de los nuevos caminos, tratando de hacerlos lo más rectos posibles, aún sin contar con las tecnologías e instrumentos con los que actualmente se cuenta.

También se atribuye a los Romanos la adopción de normas relativas a la construcción, rehabilitación y operación de los caminos, llegando a establecer medidas para el uso, mantenimiento del tránsito y prevenir el deterioro de los caminos públicos.

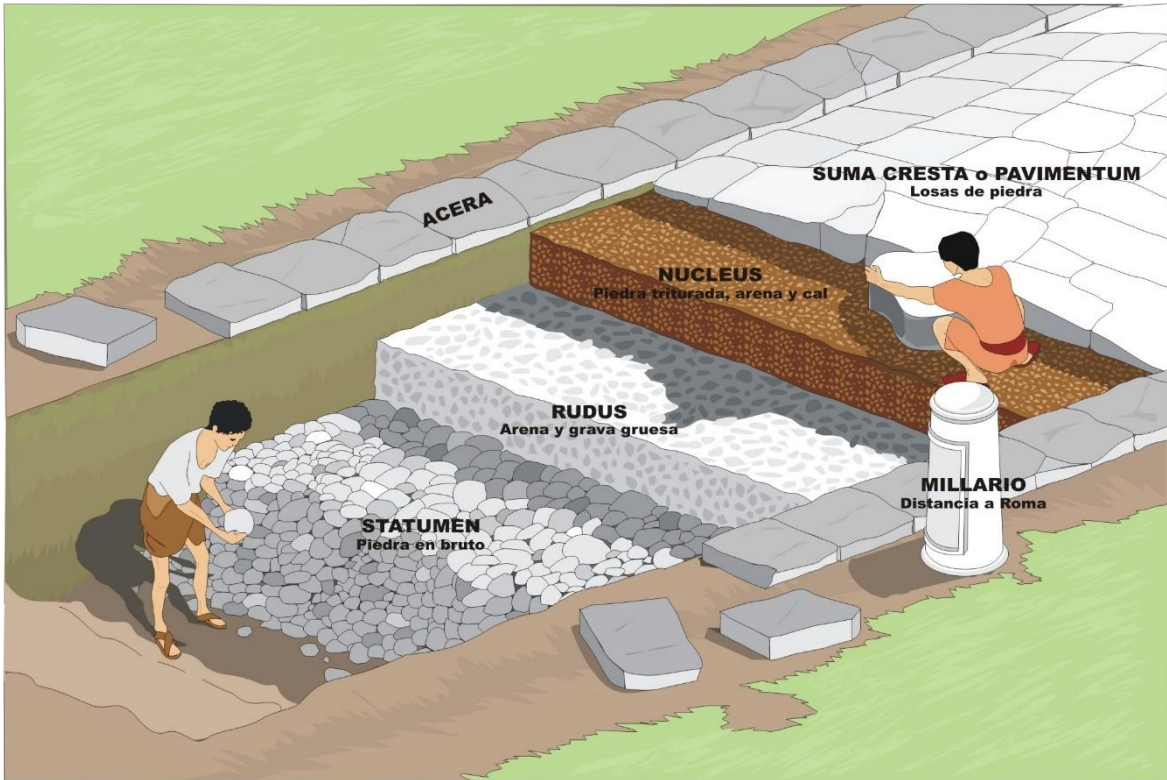


Figura 1.1 Sección transversal de una calzada romana. (Fuente: Banco de imágenes ITE).

La sección tipo de un camino romano consistía en:

- Un cimiento de piedras planas denominado statumen.
- Una capa formada por arena y grava de cantera, llamada rudus
- Una capa intermedia de hormigón a base de piedra triturada, arena y cal grasa, llamada nucleus.
- Una capa de terminación, formada por un enlosado de piedra sellada con mortero de cal, denominada suma cresta o pavementum, (Figura 1.1).

Además de la estructura del camino y al tiempo que dedicaban al diseño y ejecución, también contaban con obras hidráulicas de protección como drenes y cunetas. El bombeo transversal y el longitudinal, era bien conocido y bien empleado en la elaboración de los caminos, esto permitía que las calzadas romanas duraran tanto tiempo y con un mantenimiento menor.

El avance de algunas naciones y la necesidad de comerciar entre diversas regiones, implicó un aumento de tránsito de viajeros, dando como resultado un aumento en la construcción de caminos durante los periodos del siglo XVII, XVIII y XIX, sin embargo, la época de detonación para la construcción de carreteras fue a partir del siglo XX dada la invención del vehículo automotor, siendo uno de los inventos más importantes de su época.

Este último genera la necesidad de carreteras con especificaciones mucho más estrictas, dadas las características que requiere para su circulación. Las carreteras con especificaciones, comenzaron a construirse en Gran Bretaña, durante los años veinte, a través de empresas privadas que amortizaban su inversión por medio del cobro de cuotas de peaje.

Por otro lado, en el México prehispánico, las personas, y objetos ya se transportaban a través de caminos, senderos y veredas hasta la

época del México colonial, donde los indígenas ya tenían construidos dichos caminos con fines comerciales, religiosos y militares.

México siguió dependiendo de los caminos realizados por los indígenas durante los primeros años de la conquista. Sin embargo, el nuevo modelo económico que impero a la llegada de los españoles, llevo a cabo cambios en la estructura de la red de caminos, teniendo así una expansión en las rutas de comercio, tomando en cuenta las condiciones topográficas a las cuales obedecía la conexión a los nuevos puntos de interés.

Para los siglos XVII y XVIII, la Nueva España ya contaba con caminos de capacidades y longitudes diferentes, rutas como las del centro y sur del virreinato surgieron debido a la necesidad del intercambio de producto, otras fueron el resultado de exploraciones durante el periodo colonial.

Para finales del siglo XVIII los caminos en la Nueva España eran aun difíciles de transitar, debido a la topografía y clima de cada región. Se aproxima que existía entre 24,000 y 26,000 kilómetros de caminos cuyo mantenimiento correspondía a los ayuntamientos de los pueblos, quienes hacían poco o nulo caso para llevarlo acabó.

A principios del siglo XIX se inició la construcción del camino entre Jalapa y la ciudad de México, el cual se proyectó por ingenieros del consulado de Veracruz, quienes lo diseñaron con una longitud de 143 kilómetros y un ancho de 12.5 metros, permitiendo la circulación de vehículos en doble sentido, la formación de su geometría contaba con un lomo en el centro, zanjas en las orillas y alcantarillas, logrando la fluidez del agua pluvial por la superficie, el camino era contenido con paredes de cal y canto para proteger los bordos (Guerrero, 2011).

Se evitaba que el camino fuera empedrado para hacerlo lo más cómodo posible. Debido a que se tenía el deterioro de la superficie, se recurrió a construir suelos lisos y duros con procedimientos que consistía en apisonar varias capas de la tierra, arena, pequeñas piedras y agua, teniendo como resultado algo muy semejante al hormigón.

La aplicación del asfalto en los caminos provoca una evolución importante para este, del cual son los persas los primeros en utilizarlo en esta modalidad, no es sino hasta el siglo XX, donde se descubren los procedimientos para refinar a partir del petróleo crudo. El costo accesible para su proceso, siendo esta en un inicio un recurso natural abundante, y la expansión de la industria automotriz, hicieron del asfalto la principal fuente de producción de caminos hasta nuestros

días, teniendo a continuación un cronograma histórico de la evolución del pavimento (Arroyo, 2001):

- 1599: Primera clasificación del asfalto e intento de relacionarlo con el petróleo.
- 1777: Primera exposición de la teoría moderna del asfalto por P.C. LeSague en Francia.
- 1802: El asfalto duro se utiliza para pisos, banquetas y puentes en Francia.
- 1815: En Londres, John L. Mc Adán inicia la construcción y el mejoramiento de los caminos mediante piedras interconectadas y compactadas, este “macadám” tendría gran influencia en la construcción de los caminos futuros.
- 1824: Primer empleo de bloques de pavimento asfáltico. 1838: Se importa asfalto en roca y se utiliza en aceras en Filadelfia, EU.
- 1858: El primer camino moderno con asfalto se construye en París.
- 1869: Primer pavimento asfáltico compactado en Londres. 1870: Se construye la primera carretera pavimentada en Newark, New Jersey.
- 1876: La primera carpeta de pavimento asfáltico se coloca en la Avenida Pennsylvania en Washington D.C., con asfalto natural traído del Lago Trinidad.

- 1901: Los hermanos Warren construyen el primer pavimento de concreto asfáltico exitoso y reproducible. Son también pioneros en el desarrollo de los medios para el mezclado en caliente.
- 1902: Se refinan cerca de 20,000 Ton. de asfalto con el reciente procedimiento descubierto.
- 1910: Aparecen las primeras mezcladoras mecánicas. 1960: Se concibe el concepto de estructura de pavimento.
- 1979: Se establece un récord de empleo del asfalto en EU, con 38 millones de toneladas.

Sin duda alguna la evolución de los pavimentos que son instalados en la construcción de los caminos y los avances tecnológicos que se tiene en los vehículos, ha contribuido también a la necesidad de proyectar vialidades con especificaciones geométricas, que permitan la adecuada y segura circulación de los usuarios.

1.1.1.2 Condiciones del camino

En la actualidad, la selección del tipo de camino a construir, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependerá fundamentalmente del volumen de vehículos que circulará en un

intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición.

1.1.1.2.1 Geometría del camino

Las condiciones geométricas tienen un papel importante para la operación del camino, por lo que las condiciones del alineamiento horizontal, vertical y la sección transversal que definen geoméricamente, son contempladas bajo las necesidades de tránsito que circulara en él.

El alineamiento horizontal de un camino está definido como la proyección del eje sobre un plano horizontal, este a su vez se encuentra compuesto por tangentes, curvas circulares y curvas de transición.

Existe evidencia de que la curvatura de los caminos se encuentra relacionada con los hechos de tránsito terrestre, en diversos tipos de vialidades (Transportes, 1991). En algunos casos, la salida de vehículos está dada por la combinación de conceptos como la velocidad excesiva, sobrelevaciones inadecuadas o pavimento derrapante.

El alineamiento vertical, definido como la proyección del eje de proyecto de una vialidad sobre un plano horizontal, relaciona a los índices de hechos de tránsito terrestre con la distancia de visibilidad de parada.

1.1.2 El vehículo.

El vehículo es un medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro de personas o cosas, cuando traslada objetos o animales consideramos que es un vehículo de transporte de carga.

Podemos definir como vehículos al tren, automóvil, camión, bicicleta y motocicleta principalmente, para el estudio de hechos de tránsito terrestre.

1.1.2.1 Antecedentes

Algunos antropólogos consideran basados en estudios de restos humanos que el ser humano existe sobre la Tierra hace aproximadamente 100,000 años y que las antiguas civilizaciones florecieron hace unos 6,000 años.

Se considera que probablemente la invención de la rueda fue hace unos 5,000 años en Mesopotamia (Asia Menor). Hallazgos realizados en la Tumba de la Reina, en las minas de la ciudad de Ur, Mesopotamia muestran carretas de cuatro ruedas que datan del año 3000 antes de Cristo, Figura 1.2.



Figura 1.2. Evolución de la rueda

El carro es un tipo de transporte con animales (casi siempre caballos) utilizado para proporcionar fuerza motriz rápida. Los carros fueron utilizados para la guerra como "taxis de batalla", así como otras actividades como la caza o las carreras para el deporte y como principal vehículo de muchos pueblos de la antigüedad.

Las carretas de bueyes, los proto-carros, fueron construidos por los proto-indoeuropeos y también en Mesopotamia desde al año 3000 antes de Cristo. Después de que había sido reemplazado por otros vehículos para fines militares, el carro fue utilizado para los viajes y en las procesiones, juegos y carreras.

Los primeros carros con radios-ruedas datan del año. 2000 a.C. y su uso alcanzó su punto máximo alrededor del año 1300 antes de Cristo. Los carros dejaron de tener importancia militar en el siglo primero d.C., pero las carreras de carros siguieron siendo populares en Constantinopla hasta el siglo sexto. (WIKIPEDIA, 2015) Figura 1.3

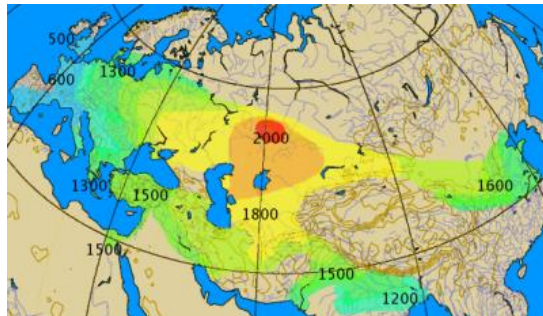


Figura 1.3. Mapa histórico aprox. de la propagación de la carroza con radios en ruedas, 2000-500 a.C.

1.1.2.2 Clasificación de vehículos terrestres

Los vehículos pueden ser clasificados en cuatro grandes grupos: los vehículos terrestres, aéreos, marítimos y espaciales

Como sus nombres indican, lo que los distingue es el medio por el cual se desplazan. Hay que destacar que estos cuatro grupos de vehículos a su vez se vuelven a dividir en una serie de sub-categorías.

Entre los vehículos terrestres, nos encontramos aquellos que funcionan con carriles o rieles, como los trenes o los sistemas de metro de las grandes ciudades. También se cuentan los que son para terrenos pavimentados, como los automóviles comunes, y los que son para terrenos poco comunes, como una grúa o ciertos vehículos militares, (Figura 1.4).



Figura 1.4 Algunos tipos de vehículos terrestres

Actualmente en México, los vehículos se clasifican por su naturaleza en base al reglamento de tránsito para su circulación sobre las vialidades públicas en:

- Bicicletas.
- Triciclos.
- Motobicicletas.
- Motonetas.
- Motocicletas.
- Automóviles.
- Camionetas.
- Camiones.

- Trailers.
- Autobuses.
- Remolques.
- Equipo especial movable, en el que quedan comprendidos todos los vehículos.
- No especificados en la numeración anterior.

Según el reglamento de tránsito en México, se entiende por vehículo particular aquellos que están destinados al servicio privado de sus propietarios. Estos vehículos pueden ser indistintamente de pasajeros o de carga.

A nivel federal en México existe la NOM-012-SCT-2-2008, "Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal", esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones de peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte federal, sus servicios auxiliares y transporte privado que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, excepto los vehículos tipo grúa de arrastre y arrastre y salvamento.

1.1.2.3 Definición de automóvil.

El término automóvil (del griego *αυτο* "uno mismo", y del latín *mobilis* "que se mueve") se utiliza por antonomasia para referirse a los automóviles de turismo. En una definición más genérica se refiere a un vehículo autopropulsado destinado al transporte de personas o mercancías sin necesidad de carriles. Existen diferentes tipos de automóviles, como camiones, autobuses, furgonetas, motocicletas, motocarros o cuatriciclos (FUTURO, s.f.).

Las principales partes que componen a los vehículos automóviles básicamente son, (Figura 1.5):

- Estructura (Carrocería, Chasis, Bastidor).
- Neumático.
- Llanta.
- Volante de dirección.
- Motor (Grupo motopropulsor: motor, embrague, caja de cambios).
- Palanca de cambios.
- Transmisión.
- Frenos.
- Dirección.
- Suspensión.
- Sistemas auxiliares de seguridad y confort.

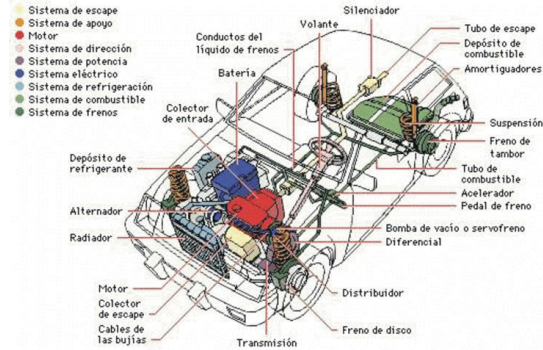


Figura 1.5 Principales partes del vehículo automotor

1.1.2.4 Historia del automóvil y la línea del tiempo

La historia del automóvil empieza con los vehículos autopropulsados por vapor del siglo XVIII. En 1885 se crea el primer vehículo automóvil por motor de combustión interna con gasolina. La historia se divide en una serie de etapas marcadas por los principales hitos tecnológicos.

1.1.2.4.1 Etapa de invención

El primer automóvil de la historia se construyó alrededor del año de 1771 fabricado por el ingeniero militar francés Nicolás Joseph Cugnot, nacido en Void-Vacon el 26 de febrero de 1725, falleciendo en París el 7 de octubre de 1804.

Se trataba de un "carretón" de artillería, movido por un motor de vapor con dos cilindros cuya única copia se encuentra depositada en la abadía de Saint-Martin-des-Champs, como parte del museo de Artes y Oficios que allí se ubica.

Las características del vehículo son las siguientes:

- Las dimensiones del vehículo son: 7,25 m de largo, 2,19 de ancho.
- Las ruedas traseras tienen 1,23 m de diámetro.
- Pesa cerca de 8 toneladas vacío.
- Está pensado para el transporte de piezas de artillería, de ahí su plataforma plana.
- Su famosa "olla" de vapor mide cerca de 1,50 m de diámetro.
- El motor se basa en la máquina de Thomas Newcomen, haciendo girar una rueda con dos pistones que a su vez son impulsados por vapor.
- El Vehículo dispone de cuatro mandos: frenos, dirección, acelerador, inversores de marcha, (Figura 1.6).



Figura 1.6 Automóvil de vapor de Cugnot.

1.1.2.4.2 Etapa de veterana

En 1900, la producción masiva de automóviles había ya empezado en Francia y Estados Unidos. Las primeras compañías creadas para fabricar automóviles fueron las francesas Panhard et Levassor (1889), y Peugeot (1891). En 1908, Henry Ford comenzó a producir automóviles en una cadena de montaje, sistema totalmente innovador que le permitió alcanzar cifras de fabricación hasta entonces impensables.

En 1888, Berthabenz viajó 80 km desde Mannheim hasta Pforzheim (Alemania) para demostrar el potencial del invento de su marido, (Figura 1.7).



Figura 1.7 Segundo Coche de Marcus (1888)

1.1.2.4.3 Etapa del latón o enduardiana

Así nombrada por el uso frecuente del latón para las carrocerías. En esta etapa la estética de los automóviles aún recordaba a la de los antiguos coches de caballos, (Figura 1.8).



Figura 1.8 Ford modelo T.

1.1.2.4.4 Etapa de época

Comprende desde el final de la primera guerra mundial hasta la gran depresión de 1929, principales vehículos:

- ✓ 1922–1939 Austin 7, (Figura 1.9).
- ✓ 1924–1929 Bugatti Type 35.
- ✓ 1927–1931 Ford Model A.
- ✓ 1930 Cadillac V-16.



Figura 1.9 Austin 7 Box saloon (1926).

1.1.2.4.5 Etapa de preguerra

De 1929 a 1949. Desarrollo de los coches completamente cerrados y de forma más redondeada, automóviles relevantes:

- ✓ 1932-1948 Ford B.
- ✓ 1934–1940 Bugatti 57.
- ✓ 1934–1956 Citroën TractionAvant, (Figura 1.10).
- ✓ 1938–2003 Volkswagen Tipo 1.



Figura 1.10 Citroën TractionAvant

1.1.2.4.6 Etapa moderna

Caracterizada por el desarrollo de motores más seguros, eficientes y menos contaminantes (WIKIPEDIA E. L., 2016).

- ✓ 1948-1990 Citroën 2CV.
- ✓ 1955-1975 Citroën DS, en primer automóvil con frenos de disco.
- ✓ 1961-1992 Renault 4.
- ✓ 1965-1980 Renault 16, en primer modelo de automóvil con carrocería liftback, simula las líneas de un sedán, pero tiene puerta trasera al igual que todos los hatchback³.
- ✓ 1966-presente Toyota Corolla, Chrysler Challenger, Ford Mustang.
- ✓ 1970-presente RangeRover.
- ✓ 1974–presente VW Golf.
- ✓ 1975–1976 Cadillac FleetwoodSeventy-Five - uno de los autos más grandes fabricados.
- ✓ 1976–presente Honda Accord.
- ✓ 1986–presente Ford Taurus, (Figura 1.11).
- ✓ 1983-1998 Peugeot 205.



Figura 1.11 Vehículo marca Ford, modelo Taurus

1.1.2.4.7 Etapa futura – Avances tecnológicos.

Hay algo evidente y es que la forma en la que nos movemos actualmente es totalmente diferente a la de hace solo una década. Aunque los coches aún siguen teniendo cuatro ruedas, su interior está cargado de una tecnología increíble: desde sistemas de seguridad al propio confort de los ocupantes.

El punto donde más se está investigando es el de los combustibles alternativos a los fósiles. Aunque no veamos muchos coches eléctricos o movidos por otra energía en nuestras ciudades, no quiere decir que no se esté investigando sobre ello sino todo lo contrario. El hidrógeno y la electricidad son los que más darán de qué hablar estos próximos años y seguramente, ya podamos comprar vehículos muy optimizados y preparados para llevar estos combustibles.

Algo que también merece la pena destacar es el diseño de estos vehículos considerados futuristas. Su diseño es cada vez más atractivo y a pesar de lo que lleve debajo del capó, se permite camuflar entre el resto de coches que expulsan humo no destacando tanto por su diseño “aerodinámico” y robusto sino por otros detalles como, por ejemplo, el poco ruido que hacen.

Teniendo esto en cuenta y habiendo investigado hacia dónde se dirige el mercado del automóvil, hemos encontrado unos modelos que pueden definir lo que podremos conducir dentro de unos pocos años.

1.1.2.4.8 Súper coches eléctricos

Los coches que utilicen la electricidad como combustible ya no serán objeto de burla por su poca autonomía y baja velocidad máxima. Un ejemplo de ello es el Tesla S, un coche noruego que ha llegado a batir récords de ventas tratándose de un vehículo totalmente eléctrico, (figura 1.12).

Tal ha sido su avance que un propietario puso al límite el coche para hacer ver a la gente que no era un coche eléctrico más, sino que superaba a grandes deportivos de gasolina en lo que autonomía y confort se refiere.



Figura 1.12 Vehículo eléctrico marca Tesla, modelo S

1.1.2.4.9 Coches que vuelan... literalmente.

El que los coches vuelen es ya una realidad, aunque solo sean prototipos, automóviles capaces de proporcionar otros servicios más que el de seguir un recorrido marcado entre dos líneas y pegados al suelo.

Es el caso del TerrafugiaTransition (TF-X), un vehículo capaz de transformarse en avioneta y funcionar como tal. Su tamaño le permite aparcarse en un garaje privado y es capaz de modificar el funcionamiento de los mandos para que en el suelo funcione como un coche y en el aire como un avión. Así, como un motor capaz de dar la fuerza suficiente a una hélice para levantar su propio peso, (figura 1.13).



Figura 1.13 Vehículo automotor con capacidad de vuelo

1.1.2.4.10 Vehículos de bolsillo.

Este tipo de vehículos han sido diseñados para llevarse en las grandes urbes del planeta, donde la densidad de tráfico es tan grande que te hace pensar dos veces si llegarías al trabajo antes andando.

Estos vehículos se pliegan para ser estacionables en sitios reducidos como los estacionamientos para motocicletas pero que, al desplegarse, ofrecen la estabilidad y el espacio suficiente para que la conducción sea cómoda y segura, sin poner en riesgo la estabilidad.

El Armadillo-T, por ejemplo, hace honor a su nombre con una parte trasera capaz de envolver al resto de vehículo en forma de caparazón cuando está estacionado, reduciendo su longitud de 2.8 metros a 1.65 metros, (figura 1.14).

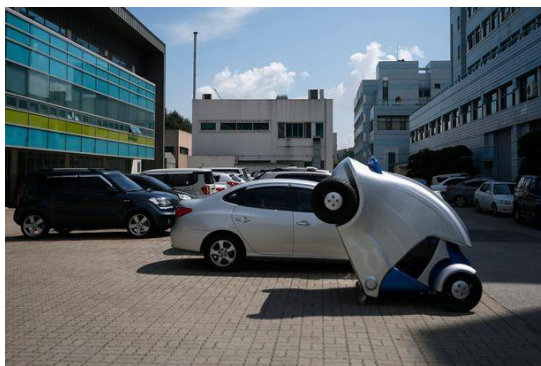


Figura 1.14 TerrafugiaTransition (TF-X)

1.1.2.4.11 Coche y hombre más unidos que nunca.

Llegamos al tipo de vehículo más futurista pero no por ello con menos futuro. Estos son los que están hechos para adaptarse al ser humano y no al revés. Su movimiento dependerá de lo que nosotros queramos hacer según nuestra postura corporal. Este tipo de vehículos están más enfocados al transporte individual que al de un coche común.

El Toyota FV2 será capaz de percibir tanto la postura como la mente del conductor para tomar decisiones. Tendrá control por voz y reconocimiento facial para medir el estado de ánimo del conductor, pudiendo cambiar la apariencia del exterior gracias a su parabrisas de realidad aumentada (ROMERO, 2013), (figura1.15).



Figura 1.15 Toyota FV2

1.1.2.5 Los sistemas de seguridad de los automóviles

Actualmente los automóviles están llenos de sistemas de seguridad que buscan disminuir el número de accidentes y el daño que sufren los accidentados. Estos sistemas se dividen en dos tipos: Los sistemas de **seguridad activa** y **pasiva**. Estos últimos buscan minimizar el daño a los ocupantes y a los peatones una vez que se ha producido un accidente, mientras que los primeros intentan conseguir que el accidente no se produzca.

Los sistemas de seguridad más comunes son: el airbag, el cinturón de seguridad incluso las sillas para bebés, pero la innovación y la tecnología permiten que exista más sistemas de seguridad adicionales a los automóviles que hacen el daño sea el mínimo o nulo en caso de un accidente automovilístico.

1.1.2.5.1 El cinturón de seguridad

Se tiene estimado que desde que fue incorporado en los vehículos de manera oficial, el cinturón de seguridad ha salvado más de un millón de vidas y evita cada año alrededor de 100 mil muertes, sin embargo, cabe señalar que en sus orígenes no fue tan bien recibido por los fabricantes ni mucho menos por los consumidores.

El cinturón de seguridad fue patentado en los Estados Unidos por Edward J. Claghorn el 10 de febrero de 1885, con el patente número 312085, para un cinturón de seguridad que se describe como "diseño para ser aplicado a la persona, provista de ganchos y otros accesorios para asegurar a la persona a un objeto fijo", (figura 1.16).

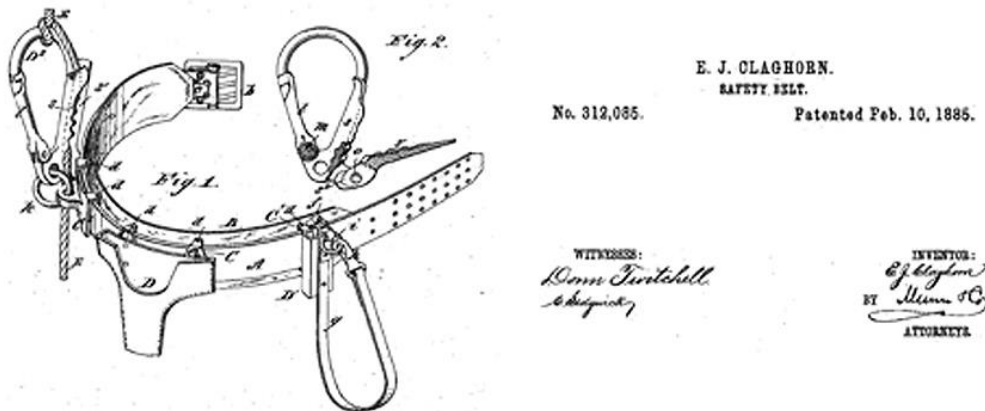


Figura 1.16 Cinturón de seguridad de Edward J. Claghorn

Fuente: <https://guardianproject.info/category/privacy/page/2/>

Se considera que entre los años de 1920 y 1930 se comenzó con los prototipos del cinturón de seguridad utilizado para los aviones de combate, la creación de esta herramienta se le atribuye a George Cayley en Inglaterra.

El 13 de agosto de 1959 sale a la venta el Volvo PV544 que incorporaba por primera vez el cinturón de seguridad de tres puntos de anclaje. El cinturón de seguridad ha salvado miles de vidas como lo explica la Dirección General de Tránsito, "el cinturón de seguridad reduce un 45% de las muertes por accidentes". La utilización del cinturón de seguridad en asientos traseros es de 1 de cada 10 personas

El cinturón comenzó a utilizarse desde los años 50's y desde entonces no ha variado tanto en su forma y su tecnología. Por el propio diseño de los automóviles es difícil crear otro tipo de cinturones de seguridad con un cuarto punto de anclaje, como sucede en los automóviles de competición. La mejora sería notable pues durante la colisión del automóvil, el cuerpo se movería mucho menos, reduciendo las probabilidades de que el conductor o sus pasajeros sufrieran lesiones o la pérdida de la vida (Flores, 2010), (figura 1.17).

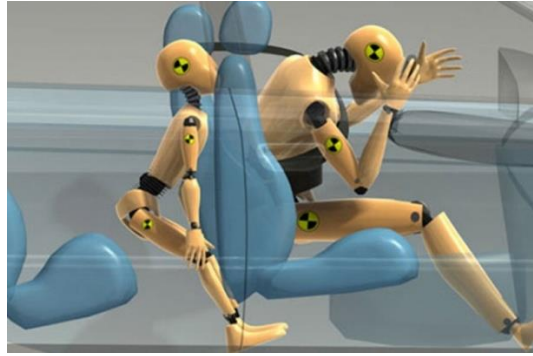


Figura 1.17 Prueba de impacto sin el uso de cinturón en los asientos posteriores de los vehículos

A partir de entonces se ha intentado realizar diversas adecuaciones y modificaciones al cinturón de seguridad, con la finalidad de asegurar no solo la vida del usuario sino también su integridad física, con esto podemos mencionar algunos de los diferentes tipos de cinturones de seguridad que se utilizan.

1.1.2.5.1.1 El cinturón de seguridad de 4 puntos o arnés de 4 puntos

Este se caracteriza por sujeción en cada hombro y en la parte inferior se encuentra sujetando a la altura de la cadera, (figura 1.18).



Figura 1.18 Cinturón de seguridad de 4 puntos o tipo arnés para vehículos de competencia

Fuente: <http://revistamundoforense.com/seguridad-vehicular/#prettyPhoto>

1.1.2.5.1.2 El cinturón de seguridad de 5 puntos

Este es de los más seguros, pero más restrictivos, se suelen utilizar en sillas para niños y en automóviles de competición, la porción de regazo se conecta a un cinturón entre las piernas, además hay dos cinturones por sobre los hombros, haciendo un total de cinco puntos de anclaje, (figura 1.19).



Figura 1.19 cinturón de seguridad de 5 puntos para competición

1.1.2.5.1.3 El cinturón de seguridad para mujeres embarazadas

El concepto del cinturón de seguridad para mujeres embarazadas realmente es reciente, debido a la necesidad de movilidad de muchas mujeres en estado de embarazo y estilo de vida tan acelerado que se tiene hoy en día, ha sido necesario que la mujer en estado de embarazo tenga que conducir un vehículo o simplemente viajar como pasajera.

El dilema de muchas mujeres en estado de gestación de si utilizar o no el cinturón de seguridad, por la preocupación de afectar al producto las ha llevado a dejarlo de usar.

Sin embargo, el reglamento de tránsito no exime a las mujeres en estado de gestación a no utilizarlo, ya que las obliga al uso de este como cualquier otro conductor.

Muchas mujeres embarazadas se preguntan sobre la conveniencia de usar o no el cinturón de seguridad ya que piensan que este podría dañar al bebé. Hay dos momentos en los que hay que tener especial cuidado. Durante los tres primeros meses la cantidad de líquido amniótico es escaso y un golpe frontal puede producir hemorragias en el útero por desprendimiento de la placenta (en este caso al feto no le llega suficiente oxígeno). También en el último trimestre hay que tener más cuidado.

Debido a las dimensiones del abdomen el uso del cinturón de seguridad por las embarazadas puede resultar molesto, además, en caso de accidente o frenazo brusco se puede adelantar el parto o causar traumatismo en el futuro niño (su cabeza se puede golpear con los huesos de la pelvis de la madre), (figura 1.20).

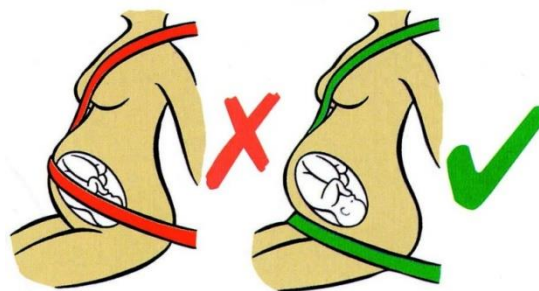


Figura 1.20 Colocación adecuada del cinturón de seguridad en mujeres embarazadas. Fuente: <http://coccolati.com/products/cinturon-de-seguridad-para-embarazadas>

Además, si sufres falta de visibilidad, debes saber que el embarazo puede disminuir aún más tu capacidad de visión, especialmente si tienes una miopía muy alta.

Actualmente existen diversos tipos de aditamentos que permiten el uso del cinturón de seguridad, uno de ellos es el sistema de adaptación que ha sacado al mercado la empresa HTS con el nombre de BeSafe Pregnant Su función es mantener la correa inferior del cinturón por debajo de la matriz sin disminuir la efectividad del cinturón de seguridad estándar. Esto se consigue mediante un cojín que se adapta en el asiento de cualquier vehículo. Su efectividad está testada por la normativa europea ECEr16 para el cinturón de seguridad, (figura 1.21).



Figura 1.21 Cinturón de seguridad para mujeres embarazadas de la empresa BeSafe Pregnant fuente: <http://gemelicos.es/seguridad-cinturon-embarazadas-pregnant-besafe-739>

1.1.2.5.1.4 El cinturón de seguridad para niños

Al igual que con los conductores y los pasajeros adultos, la llegada de los cinturones de seguridad fue acompañado por la exigencia de su uso por los ocupantes del niño. En general, los niños que usan los cinturones de seguridad para adultos sufren riesgo de lesión significativamente menor en comparación con los niños que no lo usan.

En los accidentes viales, los niños pequeños que usan el cinturón de seguridad para adultos pueden sufrir "síndrome del cinturón de seguridad" lesiones incluyendo intestinos cortados, diafragmas rotos y daños en la columna vertebral.

Los niños mayores a una estatura de 1.4 metros sentados en los asientos traseros, podrán utilizar el cinturón de seguridad homologado indistintamente, sin embargo, los menores a esta estatura deberán utilizar las sillas para infantes de acuerdo a la estatura y peso del niño que le permitan estar en las condiciones óptimas, sentado en los asientos traseros del automóvil, (figura 1.22).

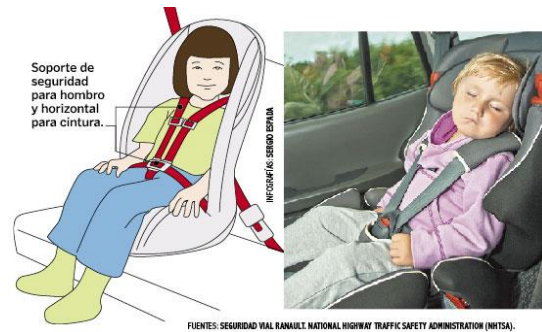


Figura 1.22 Sillas para niños con sistema de cinturón de seguridad con sujeción de 5 puntos

1.1.2.5.2 El Airbag (bolsa de aire)

Los airbags son un tipo de sujeción de seguridad como los cinturones de asiento. Cuando funcionan, se inflan con gas unos almohadones que están instalados en el volante de conducción, panel de instrumentos, puertas, techo o asiento del automóvil. El sistema usa un sensor de colisiones para disparar la expansión rápida de las bolsas y así proteger del impacto en un accidente.

El inventor del airbag fue Allen Breed, la patente se identifica U.S. # 5071161 y es la única tecnología con sensor de colisiones disponible en el nacimiento de la industria de los airbags. Breed inventó un sistema de sensor y seguridad en el año 1968, fue el primer sistema de seguridad electromecánico de airbags para automóviles.

Sin embargo, hay otras patentes anteriores en los años 50 de airbags rudimentarios. Solicitudes de patentes fueron enviadas por el alemán Walter Linderer y el americano John Hedrik en 1951. El modelo de Walter Linderer estaba basado en un sistema con aire comprimido, liberado tanto por el contacto con el paragolpes como por el chofer. Posteriores investigaciones en los años 60 demostraron que el aire comprimido no lograba desplegar las bolsas lo suficientemente rápido.

John Hedrik logró la patente norteamericana en 1953 para lo que denominó un almohadón de seguridad ensamblado en un vehículo automotor.

En el año 1971 la Ford fabricó una flota experimental con airbags y en el año 1973 la General Motors testeó los airbags en vehículos vendidos solamente al gobierno de EEUU. El Oldsmobile Toronado de 1973 fue el primer auto con airbags para los pasajeros ofrecido al público. La General Motors luego ofreció airbags laterales para el conductor en los modelos más equipados de Oldsmobile y Buick, en 1975 y 1976 respectivamente. Los Cadillacs estaban disponibles con airbags para los conductores y pasajeros como opciones para la misma época.

Los primeros airbags estaban diseñados con defectos que llegaron a causar muertes solamente por los airbags. En 1984 los

airbags fueron ofrecidos de nuevo como opcional en el Ford Tempo. Para 1988 Chrysler pasó a ser la primera compañía que ofrecía sistema de airbags con el equipamiento estándar.

En el año 1994, TRW inició la fabricación del primer airbag inflado con gas. Ahora son obligatorios en todos los coches en EEUU desde 1998 (Zorrilla, s.f.).

1.1.2.5.2.1 Tipos de airbags

Hay dos tipos de airbags, los frontales y los laterales que a su vez vienen en varios tipos. Los airbags frontales avanzados determinan si disparan y en qué nivel de potencia los airbags del conductor y del pasajero acompañante. El apropiado nivel de potencia está basado en las señales captadas por los sensores, por la medida del ocupante, la posición del asiento, el uso del cinturón de seguridad y la severidad de la colisión.

Los airbags para los impactos laterales son dispositivos inflables que están diseñados para ayudar a proteger la cabeza y el pecho cuando ocurre un choque serio sobre el lateral del vehículo. Hay tres tipos principales de airbags laterales: de pecho, de cabeza y

combinados de cabeza y pecho (CIRCULA SEGURO, 2012) (figura 1.23).

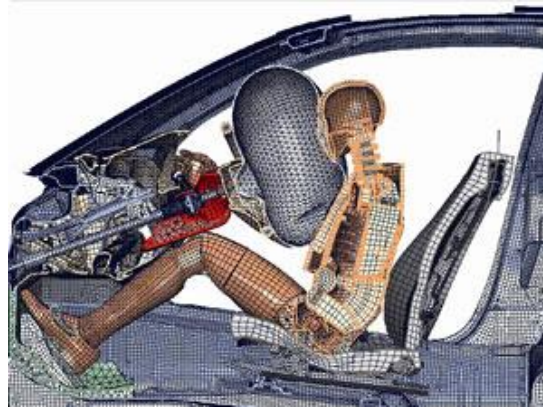


Figura 1.23 Sistema de seguridad pasivo (El Aribag)

fuelle:www.muyinteresante.es

1.1.2.5.3 El reposacabezas

El reposacabezas es un sistema que nace a mediados de los años 50 como un elemento de lujo. Posteriormente, con el paso del tiempo, la investigación de accidentes empezó a descubrir que era un importante elemento de seguridad. De ahí que en el año 1969 fuese obligatorio el reposacabezas en todos los turismos matriculados en los Estados Unidos y veinte años después, dicho sistema de seguridad, empieza a homologarse en España.

Existen en el mercado automovilístico dos tipos diferentes de reposacabezas. Por un lado, están los fijos o integrados a la estructura

del asiento que suelen ser bastante eficaces si el propio conductor lo ajusta a su posición en el asiento siendo éstos los primeros en fabricarse; y por otro, ya más modernos y actuales, los ajustables o activos por efecto de la colisión.

El reposacabezas activo, en inglés Active Head Restraint, es un elemento de seguridad que detiene el movimiento brusco de la cabeza hacia atrás cuando se produce una colisión por alcance evitando lesiones en las cervicales. Dicho de otra manera, previene el llamado efecto látigo que se produce por el impacto directo sobre la cabeza y que llega a transmitir su fuerza a la región cervical. De ahí que los movimientos realizados por el cuello, tras recibir un fuerte golpe en la parte trasera del vehículo, con una hiperextensión y una posterior hiperflexión de la columna cervical provoque en sí mismo el denominado latigazo o esguince cervical.

El reposacabezas activo como tal, va montado sobre una placa de presión en el respaldo del asiento mediante un mecanismo de unión basado en un dispositivo de muelles. Cuando el asiento se desplaza o empuja al ocupante hacia delante con más fuerza de la que el muelle puede resistir, la placa se mueve hacia atrás dentro del asiento. Esto provoca en el reposacabezas un movimiento que le fuerza a subir hacia arriba y hacia delante, sujetando así la cabeza antes de que el

movimiento entre la cabeza y la zona cervical provoque daños importantes, (figura 1.24).

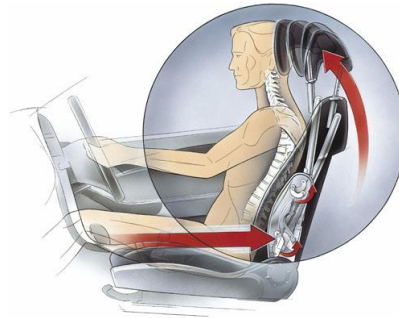


Figura 1.24 Sistema de seguridad pasivo (El reposacabezas)

Fuente: www.circulaseguro.com

1.1.2.5.4 Los cristales

No se debe pensar que los cristales son meros elementos decorativos, ya que forman parte de la seguridad del propio automóvil. Por tanto, hay que prestarles especial atención y cuidado, por lo que se hace fundamental prestarles la atención y los cuidados mínimos para conservarlos en el mejor estado posible.

Los cristales son unos elementos un tanto estéticos y muy seguros que se introdujeron en el coche allá por 1910. Se introduce en el automóvil para evitar que cualquier objeto pueda llegar a golpear a los ocupantes tras un accidente de tráfico. Sus modestos inicios

como vidrios de cualquier tipo han ido cambiando con el paso de los años, convirtiéndose cada vez, en un elemento más seguro.

En 1940 la industria automovilística comienza a utilizar un tipo concreto de vidrio, el cristal templado. El motivo no fue otro que la evolución constante que estaba sufriendo el sector en materia de seguridad, ya que no todos los tipos de vidrio eran los correctos. Tras los estudios de esas épocas se dieron cuenta que los cristales templados eran muy fácilmente resquebrajables ante un accidente de circulación lo que suponía que en ocasiones limitaba la visibilidad del conductor y podía llegar a provocar cortes en los pasajeros del vehículo.

Por ello, en 1983 se incorporaron a los vehículos obligatoriamente por ley (al menos en el parabrisas delantero) los cristales laminados. Este vidrio llega a ser 10 veces más resistente que uno templado, de los que se usaban anteriormente, y mucho más duro. Este tipo de luna está formada por dos cristales cuyo grosor varía de 1,6 a 2,5 milímetros, entre los que se acopla una lámina plástica. Esta lámina, lo que hace es dejar los fragmentos de cristal todos adheridos para que no se desparramen y provoque cortes importantes a los automovilistas en caso de un accidente. Como se ha dicho, actualmente la legislación sólo obliga a las marcas a incorporar este tipo de luna al parabrisas delantero, aunque ya muchos

constructores comienzan a incorporarlo en todas las ventanillas del vehículo.

Las lunas son la parte fundamental que evita la deformación del techo en caso de vuelco. Además, aportan el 30% de la resistencia estructural del vehículo y por ellos vemos las incidencias de la carretera. De este modo, mantener los cristales en un perfecto estado de conservación se convierte en una prioridad para no ver mermada nuestra seguridad al volante (VIAL, s.f.), (figura 1.25).



Figura 1.25 Sistema de seguridad pasivo (Los cristales)

Fuente: <http://www.seguridad-vial.net/articulos/96-historia-de-una-luna>

1.1.2.5.5 El chasis y la carrocería

Los automóviles empezaron a popularizarse en 1910, cuando Henry Ford introdujo la fabricación en cadena con el consiguiente

abaratamiento de los precios. Con el auge del automóvil empezaron a incrementarse también los accidentes (COCHE, 2015), (figura 1.26).



Figura 1.26 Sistema de seguridad pasivo (El chasis y la carrocería)

Fuente: <http://www.feusoprlautoescuelas.com/?p=170>

El chasis y la carrocería son fundamentales al momento de absorber la energía de un impacto. La seguridad efectiva de una carrocería no puede ser demostrada en consideración aislada de su solidez o de la longitud o deformabilidad de sus zonas de contracción. Más bien, en caso de accidente tiene que actuar conjuntamente toda una serie de mecanismos de protección de modo que se limite sistemáticamente al mínimo posible el riesgo de sufrir lesiones. Eso presupone una construcción cuyo material y cuya estructura constituyan un conjunto minuciosamente pensado a fondo.

Para el desarrollo de carrocerías de esa índole, los fabricantes no sólo disponen de laboratorios y talleres bien preparados, sino

también de un conjunto de experiencias reunidas en el curso de varias décadas y gran cantidad de datos de la investigación de accidentes. Aparte de ello, mediante simulación asistida por ordenador, pueden determinarse las posibles consecuencias de un accidente, ya desde antes de iniciar la construcción de un prototipo. Así es como la alta profesionalidad actúa con la alta tecnología, para seguir mejorando el comportamiento al impacto de los automóviles.

Un criterio esencial del concepto de seguridad consiste en que los automóviles adaptan su deformación a la gravedad del accidente. A esos efectos interviene, entre otras cosas, una detallada construcción integral, en la mayoría de vehículos nuevos, que consta de amortiguadores hidráulico-neumáticos del impacto, elementos amortiguadores antichoque mecánicos y largueros deformables. Los tres elementos constituyen un conjunto integral, que, en caso de choque, por así decirlo, participan instantáneamente en el proceso, (figura1.27).

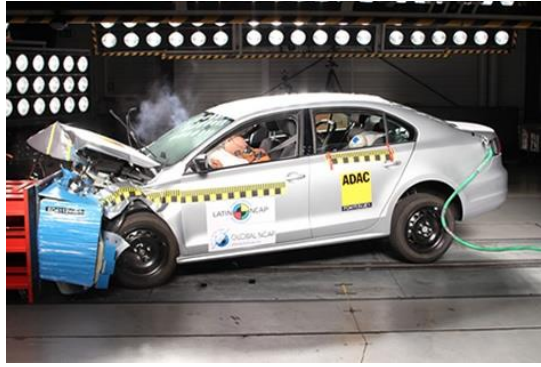


Figura 1.27 Sistema de seguridad pasivo (El chasis y la carrocería). Automóvil testado de la marca Volkswagen modelo jetta/vento con airbag doble

Fuente: <http://www.latinncap.com/es/results/Nissan/55/nissan-tiida-sedan---sin-airbags>.

1.1.2.6 Los sistemas de seguridad activo

Son aquellos que incorporan los vehículos para evitar que se produzcan los accidentes, permiten al conductor poseer un control absoluto sobre el vehículo en todo momento. Dentro de estos podemos distinguir el sistema de frenado, el sistema de dirección, el sistema de suspensión, los neumáticos y su adherencia al suelo, la iluminación y los sistemas de control de estabilidad.

1.1.2.6.1 El sistema de frenado

Los mejores frenos son los antibloqueo (ABS) que permiten reducir la distancia de frenado sin que se bloqueen las ruedas lo que

permite evitar obstáculos en caso de emergencia. Los sistemas de frenado son independientes al resto de sistemas del vehículo para garantizar su correcto funcionamiento aún en el caso de que algún otro sistema falle.

1.1.2.6.2 El sistema de suspensión

El automóvil se mantiene estable y absorbe las irregularidades de la carretera. Las barras estabilizadoras conectan las dos ruedas de cada eje y sirven para controlar la inclinación del coche en las curvas, evitando así una salida de la vía.

1.1.2.6.3 El sistema de dirección

Deben ser precisos y deben evitar transmitir al conductor las irregularidades de la carretera. Los sistemas de dirección de los coches actuales se endurecen a altas velocidades para evitar posibles accidentes.

1.1.2.6.4 Los neumáticos y su adherencia al suelo

Es fundamental mantener los neumáticos en las mejores condiciones para garantizar la máxima adherencia con el suelo. Su composición y dibujo deben garantizar la mejor tracción en cualquier circunstancia climatológica y ante cualquier tipo de vía.

1.1.2.6.5 La iluminación

Su función no sólo es la de poder ver cuando las condiciones de iluminación o de visibilidad sean reducidas, sino también para ser vistos por el resto de los usuarios de la vía, ambos aspectos fundamentales para evitar que se produzcan accidentes en tales circunstancias.

1.1.2.6.6 El sistema de control de estabilidad

También conocidos como “antivuelcos”, son los conocidos como ESP. Evitan que el vehículo derrape cuando se supera el límite de adherencia del neumático.

1.1.3 El usuario

Si bien los animales, instintivamente pueden circular por las carreteras o vialidades de forma independiente o considerarlos como mercancías, los caminos tienen la finalidad en general de estar destinados para los seres humanos, los cuales son usuarios de estos, ya sea conduciendo algún tipo de vehículo o circulando a pie.

Estudios que se llevan a cabo en diversos países, permiten considerar dentro de los proyectos viales los distintos factores concurrentes en relación a la operación de vehículos que circulan sobre estas, además de las necesidades y limitaciones del usuario.

1.1.3.1 El usuario como conductor

De todos los hechos de tránsito terrestre relacionados al transporte automotor, en diversos estudios que se llevan a cabo de estos, consideran al 75 % de estos atribuidos al conductor del vehículo, siendo los principales motivos de este porcentaje es: (Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 1991)

- Exceso de velocidad.
- Invasión del carril contrario.

- Impericia del conductor.

Si bien está considerado que los hechos de tránsito terrestre son provocados por el usuario debido a fatiga, hipnosis del camino, o la falta de pericia del conductor, otra parte deberá considerarse las condiciones del camino que predominan en este.

1.1.3.2 Limitaciones del conductor

El ser humano percibe su entorno mediante sus sentidos; la capacidad y agudeza de percepción de los órganos externos del sistema sensitivo, creando imágenes formadas por impulsos nerviosos y a su vez ser interpretadas por el cerebro, con lo que se tendrá idea de los objetos que tiene en su entorno. (Parera, 1992)

Los sistemas sensoriales del organismo humano están en consonancia con sus posibilidades de acción. Cuando circulamos por una autopista con un paisaje llano, sin árboles y edificaciones, con un paisaje monótono, además de provocar cansancio, nos da la impresión de lentitud, con la posibilidad de estar circulando a una velocidad de 120 km/hr. y continuar con la misma sensación de lentitud.

Por lo contrario, si circulamos sobre una vialidad en un vehículo, la cual se encuentra estrecha, con árboles en el paisaje o construcciones, la percepción de la velocidad es intensa. Los árboles o las construcciones que desaparecen con rapidez del campo visual producen la sensación de una gran velocidad, aunque circulemos a una velocidad menor de 80 Km/hr.

Quizá uno de los problemas relevantes en este aspecto es el de percatarse de la velocidad de un vehículo que circula en sentido contrario, por lo que una de las maniobras más peligrosas es la de adelantarse en rebase o cruce. Por lo general se considera a los conductores de vehículos con dos posibles limitaciones: la visión y el tiempo de reacción.

1.1.3.3 La visión

La visión humana contempla en rangos de agudeza máxima a un cono de 3 grados, siendo bastante clara la visión entre 5 y 6 grados, hasta 12 grados se considera regular y el resto del campo visual es borrosa, aunque puede distinguirse luz y movimiento (Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 1991).

Es considerado que un conductor de un vehículo que va a mayor velocidad, enfoca la vista a mayor distancia, creando el efecto denominado visión de túnel, por lo que, debido a este fenómeno, el conductor que va a una alta velocidad circulando en una vialidad dentro de una zona poblada o un cruce, le es menos perceptible la presencia de obstáculos u objetos en movimiento a los costados, conllevando a un alto grado de riesgo.

La percepción visual, que si bien, no contempla un déficit desde el punto de vista médico, o que si en su caso es auxiliada por medio de anteojos para compensar dicho déficit, existen otros factores que involucran determinados decrementos cuando se conduce un vehículo, como lo es la carrocería del mismo.

Muchos de los hechos de tránsito, que, aunque no se tiene una cifra científicamente comprobada, es la limitante que ocasiona la carrocería de un vehículo, denominada como puntos ciegos. Los puntos ciegos son los ángulos de visión del interior hacia el exterior de vehículo obstaculizados por el mismo diseño de la carrocería de este, (figura 1.28).

El centro de experimentación y seguridad vial de México indica que el 23% de los conductores en México se ven implicados en un hecho de tránsito terrestre debido a maniobrar sin espejear.

SEGURIDAD VIAL

► Un estudio realizado por Cesvi México detectó que 23 por ciento de los conductores no observa los espejos laterales antes recambiar de carril y que la mayoría desconoce los puntos ciegos de su vehículo.

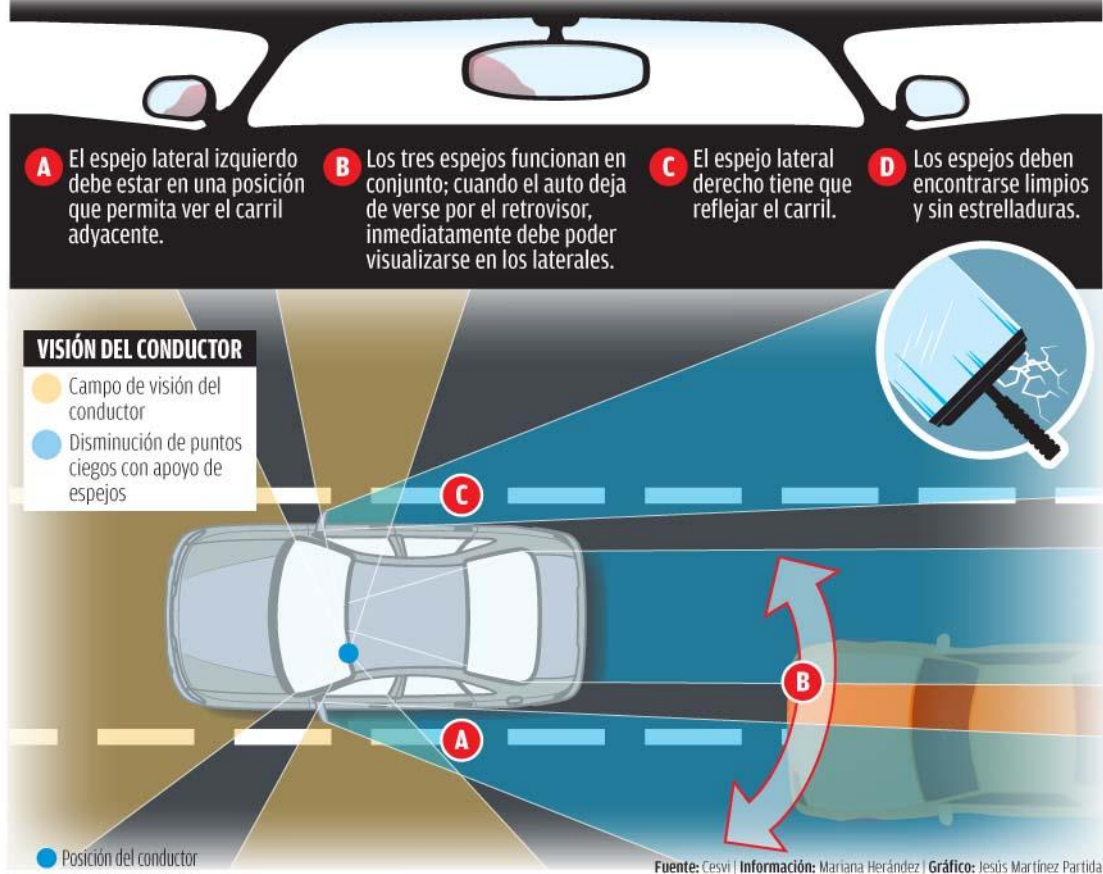


Figura 1.28 Campos de visión del conductor de un vehículo.

Fuente: http://www.milenio.com/df/Puntos-ciegos-conducir-ocasionan-accidentes_0_564543550.html.

Por tal motivo es indispensable que el vehículo contenga retrovisores exteriores adecuados en donde las imágenes permitan evitar lo menos posible los denominados puntos muertos de la carrocería.

Otro factor que interviene es la percepción de profundidad visual del individuo. El caso crítico es en la obscuridad o en condiciones de poca luz, donde actúan también los efectos de deslumbramiento, que representa tiempo para recuperarse de los mismos.

En el Manual de Proyecto Geométrico de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, indica que “empíricamente se ha determinado que la distancia de percepción nocturna se reduce hasta llegar a un 35% aproximadamente de la normal, cuando un conductor está frente a las luces de otro vehículo” (Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 1991).

1.1.3.4 Tiempo de respuesta

El tiempo de reacción para cada conductor de vehículo será diferente debido a las distintas condiciones tránsito, la edad del conductor, el estado de ánimo, físico y los diversos estímulos que se pueden presentar, donde cada situación necesitara un determinado tiempo de reacción del conductor.

Johansson y Rumar (Drivers' Brake Reaction Times, 1971), nos dicen que el tiempo de reacción de un conductor sano en óptimas

condiciones se encuentra entre 0.25 y 2.05 segundos, teniendo un valor de mayor frecuencia de 0.9 segundos.

Capítulo 2 Conceptualización de los hechos de tránsito terrestre

Los hechos de tránsito terrestres han sido tipificados como "accidentes de tránsito", sin embargo, desde el punto de vista técnico consideraremos a este concepto de "accidente" como un suceso inesperado, impremeditado e indeseado, que generalmente es de consecuencias desagradables; como lesiones a las personas y daños en los bienes.

Un accidente, es una situación dinámica que implica un encadenamiento de circunstancias y sucesos que culminan en él. Con esto no se predetermina la ocurrencia del accidente, aunque asumamos que la repetición de los sucesos similares, produzcan resultados idénticos.

Tomando en cuenta lo anterior, es importante buscar las causas del accidente, dado que alguna variación de las circunstancias o suceso en el entorno del accidente, modifica e inclusive evita el suceso.

Por lo tanto, se dice "hechos" y no "accidentes" de tránsito terrestre, en base a que el técnico de esta especialidad aborda el estudio desde hechos basados en una realidad veraz, cuyas causas y mecánica del suceso se desconocen inicialmente. Por consiguiente,

en base a las investigaciones y estudios se puede estar en posibilidad de establecer las causas, evolución y consecuencias del hecho en cuestión.

Partiendo de este principio, el órgano encargado de administrar justicia deberá tomar los datos proporcionados por el estudio, para determinar si el hecho debe clasificarse como de origen fortuito (accidente) o considerarlo como un resultado, que posteriormente deberá ser clasificado como delito intencional o de imprudencia, según sea el caso.

2.1 La ingeniería de tránsito y los hechos de tránsito terrestre

La información obtenida año con año de los accidentes de tránsito terrestre son una guía para los interesados en la pérdida de vidas, número de lesionados y pérdidas económicas. Estos datos ofrecen la información básica necesitada por ingenieros, organismos gubernamentales, educadores, especialistas en seguridad, compañías de seguros y organizaciones cívicas, para el desarrollo de sus programas e investigaciones.

En el anuario estadístico de accidentes en carreteras federales del 2012, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT),

documento técnico # 57, publicado en el 2014, nos da un panorama de las cifras de hechos de tránsito que sucede en México.

De manera oficial la Policía Federal reporta (de alrededor de 57,065 km de longitud): 24,216 accidentes; 24,736 lesionados; 4,548 muertos y daños materiales por 1,374.22 millones de pesos (104.784 millones de dólares); el costo total de los accidentes registrados es de 4,397 millones de dólares (considerando una paridad de 13.1665 pesos por dólar americano; y los costos unitarios promedio por lesionado y muerto, de 100 mil y 400 mil dólares americanos, respectivamente.

La Tabla 2.1 muestra distribución de los saldos de accidentes, por entidad federativa y a nivel nacional, durante el año 2012. En esta misma tabla, el IMT muestra los índices de accidentalidad por kilómetro y por cada 100 millones de veh-km y su jerarquización para cada uno de estos indicadores (Ana Cecilia Cuevas, 2014).

Entidad	Accidentes	Muertos	Lesionados	Daños materiales (miles de dólares)	Longitud (km)	Índice de accidentes por kilómetro	Jerarquización	Vehículos - kilómetros recorridos (millones)	Índice de accidentes por cada 100 millones de vehículos -	Jerarquización
Aguascalientes	256	49	268	699.62	445	0.576	10	1,545	16.57	16
Baja California	737	106	627	2,292.57	2,136	0.345	22	4,363	16.89	13
Baja California Sur	546	60	409	2,031.15	1,431	0.382	20	2,006	27.21	2
Campeche	359	59	291	2,023.91	1,298	0.276	27	1,687	21.28	4
Coahuila	513	134	505	3,457.27	2,018	0.254	28	4,881	10.51	29
Colima	402	34	356	1,109.60	438	0.918	4	1,333	30.15	1
Chiapas	776	173	929	3,022.86	2,649	0.293	24	4,580	16.94	12
Chihuahua	637	160	647	3,284.20	2,967	0.215	30	4,844	13.15	23
Distrito Federal	200	26	189	858.44	166	1.202	2	2,094	9.55	31
Durango	348	145	450	1,993.29	2,736	0.127	32	2,924	11.9	27
Guanajuato	1,438	249	1,314	6,223.56	1,691	0.85	7	8,610	16.7	15
Guerrero	732	152	888	2,776.66	2,523	0.29	25	5,162	14.18	19
Hidalgo	618	120	581	2,393.53	1,320	0.468	14	4,960	12.46	26
Jalisco	1,605	331	1,825	7,155.17	3,117	0.515	12	11,247	14.27	18
México	1,526	287	1,555	5,504.39	1,767	0.864	6	14,497	10.53	28
Michoacán	1,036	229	1,294	3,914.19	3,148	0.329	23	7,840	13.21	22
Morelos	532	75	389	1,364.74	499	1.066	3	3,842	13.85	20
Nayarit	485	121	590	2,705.19	1,121	0.433	16	2,409	20.14	7
Nuevo León	811	139	704	4,355.88	1,764	0.46	15	8,034	10.1	30
Oaxaca	811	122	973	3,064.36	3,327	0.244	29	4,829	16.79	14
Puebla	1,147	226	1,174	5,361.90	1,662	0.69	9	7,138	16.07	17
Querétaro	555	71	459	3,132.54	614	0.904	5	4,090	13.57	21
Quintana Roo	539	65	381	1,842.70	1,378	0.391	18	4,204	12.82	25
San Luis Potosí	916	128	844	4,263.92	1,806	0.507	13	5,015	18.27	9
Sinaloa	576	124	627	2,761.94	1,535	0.375	21	4,410	13.06	24
Sonora	963	195	1,243	4,957.39	2,483	0.388	19	5,444	17.69	11
Tabasco	794	133	627	2,906.12	659	1.205	1	3,077	25.81	3
Tamaulipas	570	123	525	2,845.75	2,718	0.21	31	6,437	8.86	32
Tlaxcala	603	80	599	2,228.09	764	0.79	8	2,934	20.55	5
Veracruz	1,978	413	2,031	9,493.83	3,738	0.529	11	10,879	18.18	10
Yucatán	452	65	388	1,573.58	1,568	0.288	26	2,234	20.23	6
Zacatecas	624	154	682	3,185.34	1,579	0.395	17	3,153	19.79	8
TOTAL REGISTRADO	24,085	4,548	24,364	104,784	57,065	0.422	-	160,704	14.99	-
No capturado	131		372							
TOTAL NACIONAL	24,216	4,548	24,736	104,784	57,065	0.424	-	160,704	15.07	-

Tabla 2.1 Tabla de saldos de accidentes año 2012.

Fuente: Anuario estadístico de carreteras federales (2012). Documento técnico

No. 57, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Queretaro 2014.

A su vez el IMT nos menciona que para la elaboración de este documento no fue posible recopilar las partes de accidente, y que el archivo proporcionado no contenía la totalidad de la información que habitualmente se registra en cada siniestro.

2.2 Los hechos de tránsito en la ciudad de Puebla

Puebla es una ciudad que se encuentra ubicada en la zona centro-este de México, al sureste de la ciudad de México, fundada en el año de 1531 d.C. y trazada a partir de la plaza mayor, delimitada por los poderes civiles y eclesiásticos, con una orientación de 24° en dirección noreste, formando un emparrillado rectangular con 259 manzanas alrededor destinadas para casa habitación.

El territorio municipal de Puebla es muy variado en su relieve y se encuentra dominado tanto por elevaciones importantes como el Volcán Malintzin o el Valle de Puebla-Tlaxcala en la mayor parte de la extensión de su territorio.

El municipio de Puebla es uno de los 217 municipios que conforma al Estado de Puebla, además de ser la capital del Estado, cuenta actualmente con una superficie aproximada de 524.31

kilómetros cuadrados que lo convierte en el quinto municipio más extenso del estado, (Figura 2.2).

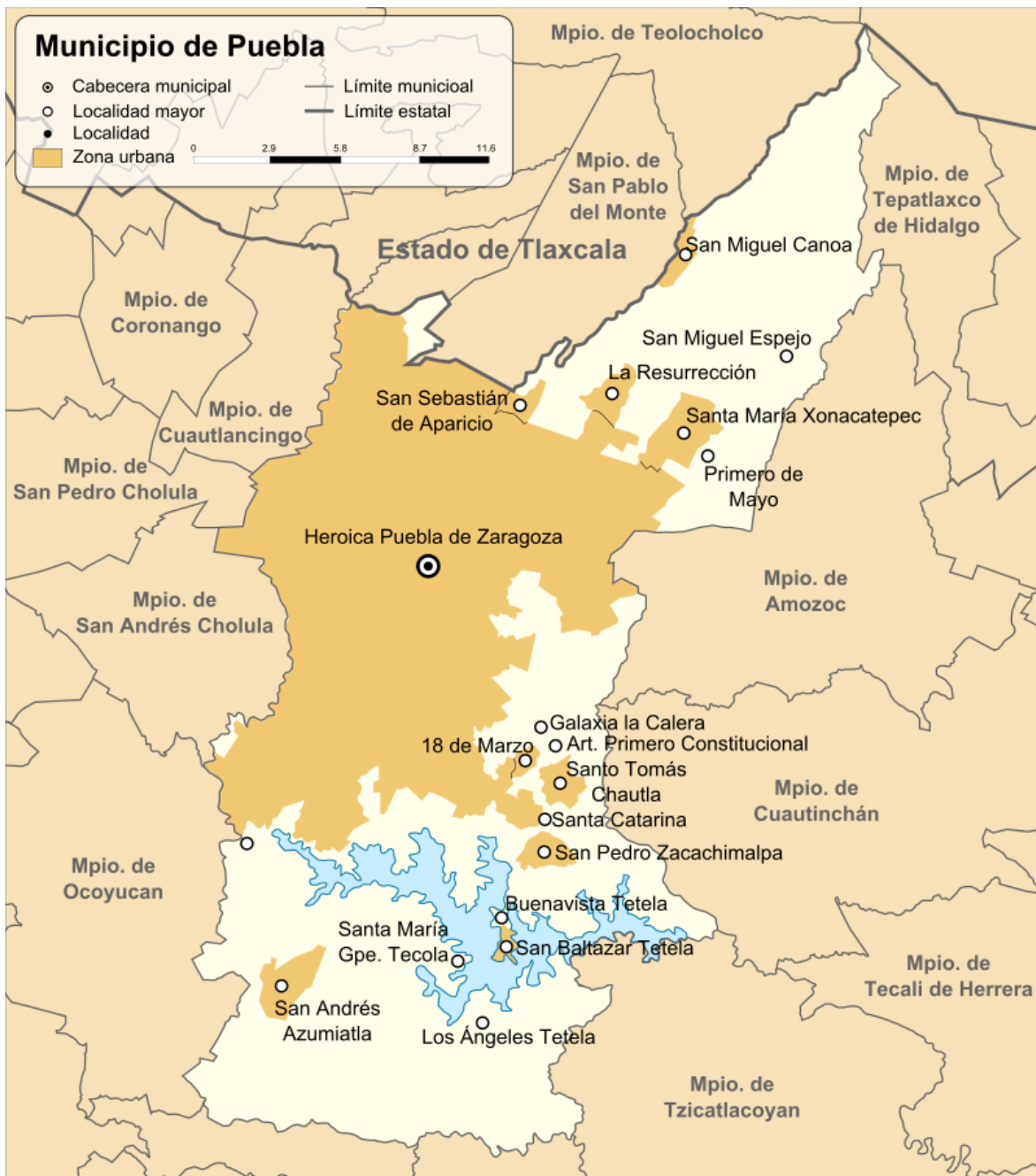


Figura 2.2 Mapa de las principales localidades del municipio de Puebla en el estado de Puebla, México.

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico_Puebla_Puebla_comuniti_es_map.svg

El Municipio de Puebla cuenta con una población de 1,576,259 habitantes según cifras del INEGI al año 2015 y un parque vehicular registrado de 578,784 vehículos de motor al año 2015 (INEGI, BANCO DE INDICADORES, 2018).

De acuerdo a los registros que se tiene del año 1995 al 2015 su parque vehicular se ha incrementado de 5.5 habitantes por vehículo a 2.7 habitantes por vehículo, tal como se muestra en la siguiente gráfica, (figura 2.3).

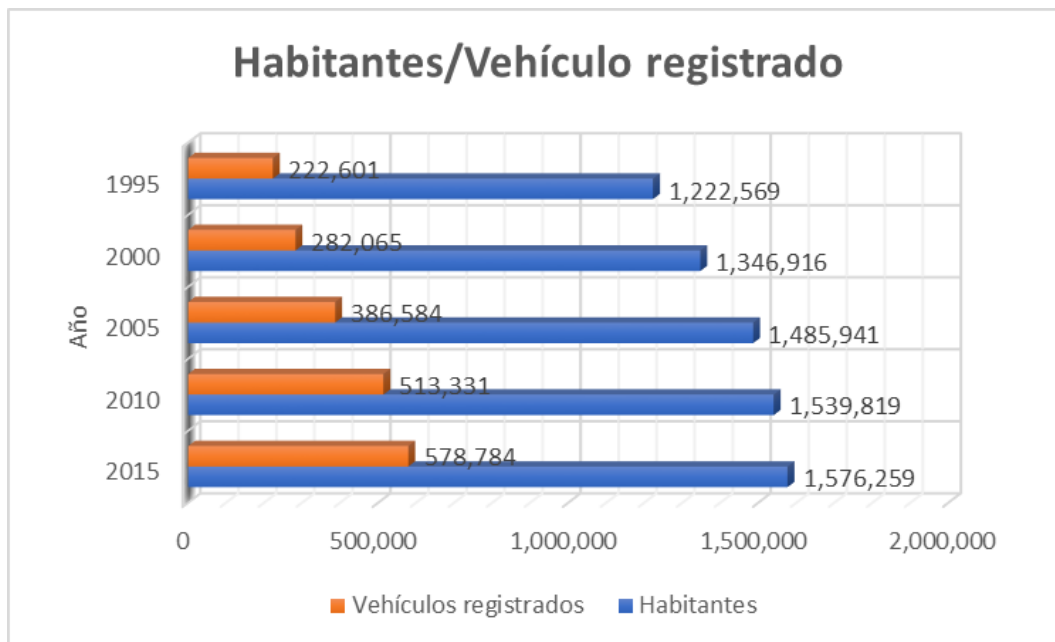


Figura 2.3 Tabla de comparación entre el número de habitantes y vehículos registrados con datos del banco de indicadores de INEGI

Fuente: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=1006000039##divFV6>

207048973#D1006000039

También se registró un incremento en la cantidad de hechos de tránsito terrestre, como se muestra en la siguiente gráfica, (figura 2.4).

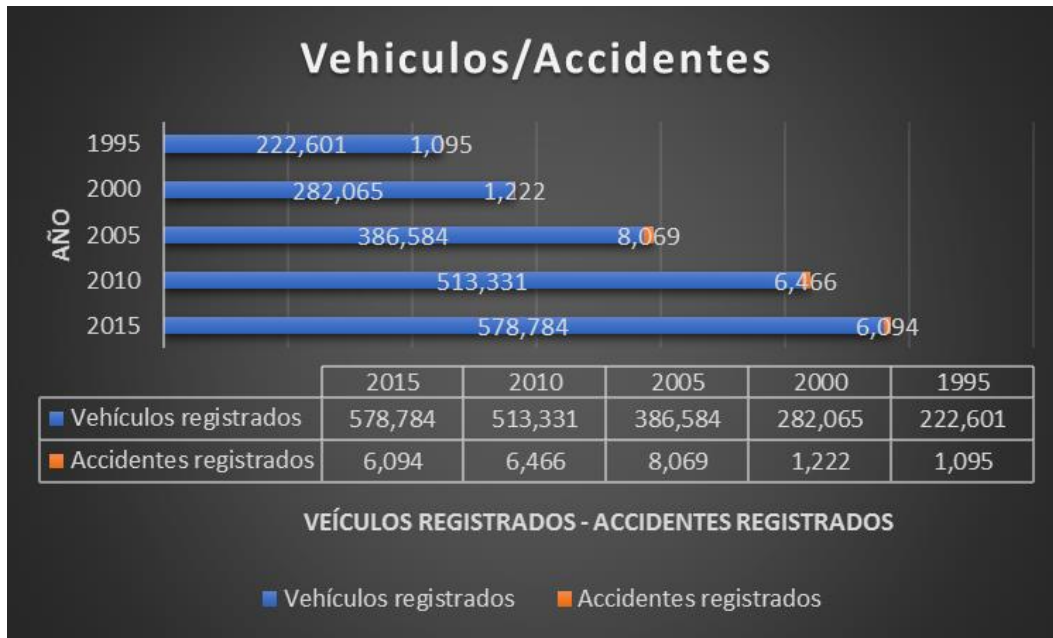


Figura 2.4 Gráfica de comparación entre el número de vehículos registrados y accidentes registrados en el municipio de Puebla, con datos del banco de indicadores de INEGI

Fuente: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=1006000039##divFV6207048973#D1006000039>

La información antes referida, representaría que para el año 2015 se tendría que el 1.05% corresponde a la cantidad de accidentes registrados con respecto a la cantidad del parque vehicular registrado en la entidad, bajo el cual no se tiene datos abiertos de donde, cuando y mucho menos como sucedieron estos eventos.

2.3 Tipos de hechos de tránsito terrestre

Para que se pueda presentar un hecho es necesario que por lo menos intervenga un vehículo, que se encuentre en movimiento y que tenga contacto.

Existen diversos tipos de acontecimientos de hechos de tránsito terrestre, por lo que en este trabajo de investigación trataremos de abordar los más sobresalientes. Estos se determinan por la incidencia de la fuerza principal del impacto, además de la interacción del objeto que deforme el vehículo.

Los diferentes tipos de hechos de tránsito terrestre se pueden clasificar como se muestra a continuación:

- Colisión entre vehículos
- Colisión de un vehículo contra un objeto fijo
- Colisión de vehículo - peatón (atropellamiento)
- Salida de vehículo y volcadura
- Caída de persona de un vehículo en movimiento
- Colisión contra bicicleta y motocicleta

2.3.1 Colisión entre vehículos

La colisión entre dos vehículos es donde se encuentran involucrados estos en contacto violento, este puede darse de manera frontal central, frontal excéntrica o frontal angular, como se muestra en la figura 2.5.

La colisión frontal, también conocida como longitudinal es cuando los ejes longitudinales de dos vehículos son opuestos y coinciden en su posición.



Figura 2.5 Colisión frontal excéntrica entre dos vehículos

Fuente:<http://omvradio.com/3-muertos-y-varios-heridos-dejo-choque-entre-autos-en-la-carretera-tenango-del-valle-la-marquesa/>

La colisión perpendicular es cuando la parte frontal de un vehículo se impacta con alguno de los costados de otro, generalmente se lleva a cabo en un cruceo regular. Este tipo de coaliciones se puede clasificar como perpendicular delantera, perpendicular posterior y perpendicular central, como se muestra en la Figura 2.6.



Figura 2.6 Colisión perpendicular central entre dos vehículos

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=RHZfhJwh62s>

La colisión perpendicular oblicua se caracteriza por ser similar a la perpendicular, solo que, en este tipo, la colisión del vehículo se impacta a un costado del otro en un ángulo inclinado y no recto. Este tipo de coaliciones se puede clasificar como perpendicular oblicua delantera, perpendicular oblicua posterior y perpendicular oblicua central, como se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Colisión perpendicular oblicua entre dos vehículos

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/udono/408633225/>

2.3.2 Colisión de un vehículo contra un objeto fijo

La colisión de un vehículo contra un objeto fijo, es aquella que se considera que el vehículo se encuentra en circulación y que ya sea por circunstancias debidas al conductor ó ajenas a él, este se impacta con el objeto fijo, como se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.8 Colisión contra un objeto fijo

Fuente:<http://parabrisas.perfil.com/2014/12/12/accidente-de-transito-quien-cobra/>

Una de las características esenciales en este tipo de colisiones, es la manera o conformación del objeto fijo con el cual hizo contacto, pues quedarán marcadas o plasmadas en los daños que presente el vehículo.

2.3.3 Colisión de vehículo - peatón (atropellamiento)

Este tipo de suceso es en la que participa un vehículo en movimiento que tiene contacto con un ser humano, como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9 Colisión contra un peatón (atropellamiento)

Fuente: <http://signosvitalles20.com/biomecanica-de-los-accidentes/>

Doce de cada cien (12%) accidentes vehiculares son atropellamientos, en las principales ciudades del país y de cada 100 muertos en accidentes de tránsito 64 eran peatones.

La manera más común en la que se presentan este tipo de hechos es: al cruzar una intersección y vialidades sin la adecuada observación, se tiene una mayor incidencia cerca de escuelas, cuando se desciende de un autobús o vehículo y se realiza el cruce de la vialidad, rodeando por detrás o por delante sin la debida precaución y al salir de la mitad de la cuadra entre vehículos estacionados.

2.3.4 Salida de vehículo y volcadura

Este suceso se da cuando un vehículo en circulación abandona la zona de rodamiento, puede darse por circunstancias debidas al conductor ó ajenas a él, presentándose como una falla mecánica de manera previsible o imprevisible o debido a la falta de mantenimiento preventivo o correctivo en el vehículo, (figura 2.10).



Figura 2.10 Volcadura de vehículo

Fuente:<https://americanovictor.com/policia-de-morelia-atiende-a-personas-heridas-por-volcadura-de-vehiculo-en-salida-mil-cumbres/>

Cuando decimos que es previsible, nos referimos a que el conductor tiene el conocimiento de alguna posible falla mecánica de su vehículo, como lo es el caso de la falta mantenimiento de los frenos,

de la dirección por desgaste de alguno de sus elementos, de una de sus rotulas.

La mayoría de las volcaduras ocurre generalmente en carreteras, estando en función de la velocidad. En las áreas urbanas acontecen este tipo de hechos generalmente en arterias de alta velocidad. En estos casos se daña gran parte de la carrocería del vehículo

2.3.5 Caída de persona de un vehículo en movimiento

Existen sucesos de hechos de tránsito donde se presenta la proyección de los pasajeros fuera del vehículo en movimiento, generalmente es debido a un mal cierre de las puertas, o bien en consecuencia de choque, sobre todo si los pasajeros no se encuentran debidamente sujetos en el interior del vehículo y en su mayoría de los casos han sido colisionados por otro de manera lateral.

En cuanto respecta al transporte de carga y existen personas viajando en el área destinada para la carga, estos son expulsados, debido al movimiento súbito que se tiene, ya sea por el frenado que genera el mismo vehículo en el que viajan, el movimiento brusco o impacto por otro vehículo. El resultado termina siendo similar al anterior, (figura 2.11).



Figura 2.11 Pasajeros que viajan en estribo de puerta del transporte público, con riesgo a caída

Fuente: <https://www.elcomercio.com/actualidad/accidentes-transito-siguen-pese-ley.html>

Las contusiones correspondientes a la caída en este tipo de hechos, se localizan generalmente sobre la mitad superior del cuerpo.

2.3.6 Colisión contra bicicleta y motocicleta

Independientemente de cómo se lleve a cabo la colisión entre un vehículo automotor y una bicicleta o motocicleta, se le denominara colisión entre vehículos, debido a que una bicicleta o motocicleta son consideradas como vehículos, la cual denominamos equivocadamente “atropellamiento”, cuando intervienen estos vehículos en una colisión, (figura2.12).



Figura 2.12 Identificación de indicios en atropellamiento de ciclista

Fuente:<https://www.elmundo.es/motor/2016/04/27/5720d704468aeb9c7c8b45ce.html>

Debemos de tomar en cuenta que el ciclista y el motociclista no se encuentran protegidos por una carrocería o estructura, como lo es el conductor de un vehículo, sin embargo, el reglamento de tránsito considera a la bicicleta y motocicleta como vehículos.

2.4 Factores que originan los hechos de tránsito terrestre

Juan Martín Hernández Mota, en su libro de “Los Accidentes de Tránsito” nos dice que “los investigadores de hechos de tránsito terrestre, estudian y recolectan datos relacionados al tipo de hecho, causas probables y consecuencias del mismo, analizando las características de los vehículos implicados y los daños que se

presentan, así como los daños e indicios que se observen en el lugar de los hechos” (Hernández Mota, Los accidentes de tránsito, manual básico de investigación de hechos de tránsito terrestre, 2010).

Otros de los factores que pueden considerarse como parte del origen de los hechos de tránsito terrestre son los datos geométricos del camino o la vialidad donde circulan los vehículos, las características físicas del pavimento como la presencia de roderas, baches, gravilla suelta entre otras, la topografía del lugar y las condiciones ambientales del lugar.

El procesamiento lógico de los datos recolectados y su correcta aplicación, nos darán la posibilidad de formular diferentes hipótesis del hecho, donde la comprobación de alguna de estas permitirá apoyar la opinión dada.

Durante la circulación de los vehículos, podemos siempre considerar la posibilidad de un hecho de tránsito terrestre, dadas las actuales exigencias que tiene la sociedad para su movilidad.

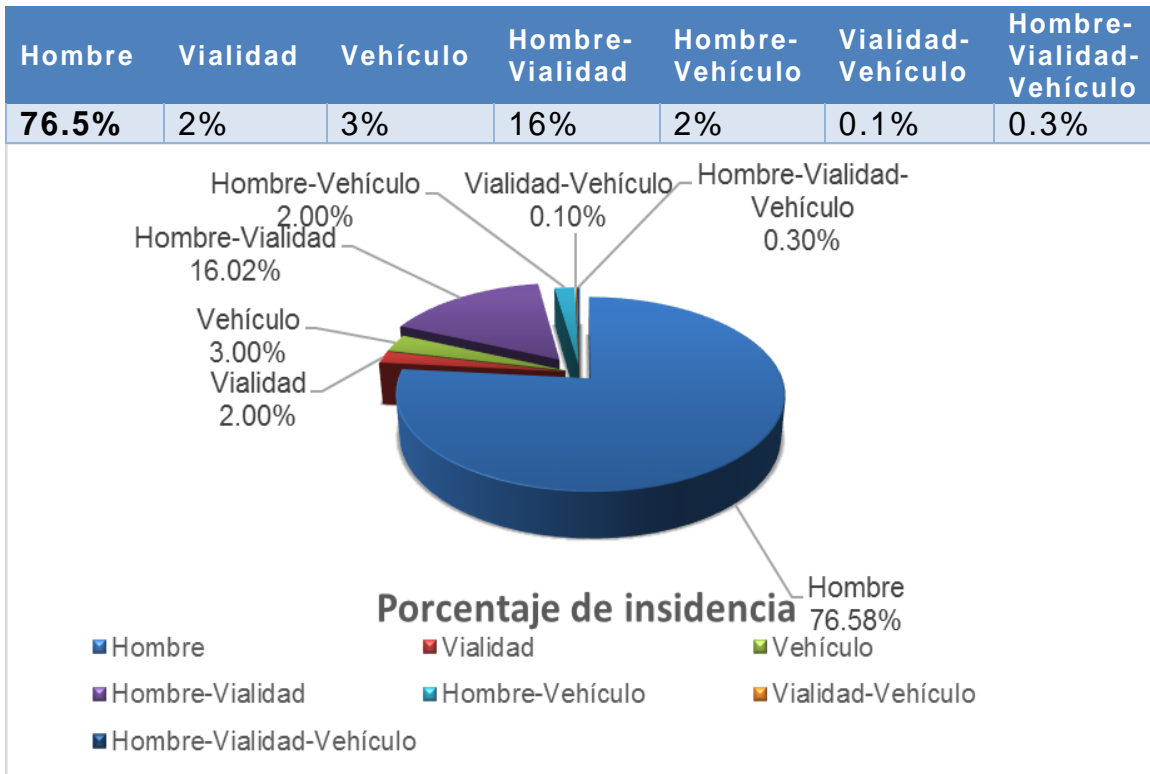
Las investigaciones que se llevan a cabo en diversos países, nos indican que generalmente son tres los principales actores que propician los hechos de tránsito terrestre: el hombre, el vehículo y el camino. En cuanto al elemento ambiental lo relacionan con el estado

de la vialidad o con las capacidades visuales del usuario, respecto a las variables atmosféricas.

2.5 Elementos concurrentes en la generación de hechos de tránsito terrestre.

Los elementos concurrentes en la generación de hechos de tránsito terrestre, involucra de manera global al camino, el vehículo y el usuario, de los cuales partimos de estos para determinar las probables causas., en base a su conjugación, y determinar sus interacciones entre ellos de manera general.

Estudios como los realizados por el Transport Research Laboratory (TRL), han dado como resultado algunos índices de concurrencia de los elementos que intervienen en los hechos de tránsito terrestre, tal como nos lo indican en la gráfica 2.13 (Hernández Mota, Los accidentes de tránsito, manual básico de investigación de hechos de tránsito terrestre, 2010).



Gráfica 2.13 Tabla y grafico de porcentajes de índice de concurrencia de elementos que intervienen en hechos de tránsito terrestre

Fuente: (Hernández Mota, Los accidentes de tránsito, manual básico de investigación de hechos de tránsito terrestre, 2010)

De las causas de mayor frecuencia en los hechos de tránsito terrestre, tenemos la información presentada por el Instituto Mexicano del Transporte, como se muestra a continuación en la tabla 2.14, para el territorio mexicano.

Tabla de causas generales de los hechos de tránsito terrestre en México			
Atribuibles al conductor	Atribuibles al vehículo	Atribuibles a la vialidad	Atribuible a agentes naturales y otras causas en general
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Imprudencia ➤ Velocidad excesiva ➤ Invasión de carril contrario ➤ Rebase Indebido ➤ No respetar el señalamiento ➤ No ceder el paso ➤ No guardo la distancia de seguridad ➤ Giro indebidamente ➤ Mal estacionado ➤ Manejo bajo algún tipo de droga o alcohol ➤ Manejo con cansancio ➤ Deslumbramiento 	<ul style="list-style-type: none"> Llantas Frenos Dirección Luces Ejes Transmisión Motor Sobrecupo Sobrecarga Exceso de dimensiones 	<ul style="list-style-type: none"> Irrupción de Ganado Desperfecto del camino Falla de señalamiento Pavimento mojado o resbaloso 	<ul style="list-style-type: none"> Lluvia Granizo Objetos en el camino Nieve Niebla o humo Tolvanera Vientos fuertes

Tabla 2.14 Tabla de causas generales de hechos de tránsito terrestre en México

Fuente: (Hernández Mota, Los accidentes de tránsito, manual básico de investigación de hechos de tránsito terrestre, 2010)

Capítulo 3 Propuesta de Procedimientos básicos para la medición de un hecho de tránsito terrestre

El estudio de los hechos de tránsito terrestre son parte integral del sistema de mejora de la seguridad vial. En esencia, estos estudios son retrospectivos, es decir obedecen al análisis de los últimos sucesos del hecho para intentar llegar al origen del mismo.

Para llevar a cabo la investigación de los hechos de tránsito terrestre es necesario contar con el apoyo de diversas disciplinas cuantitativas, que ayuden a identificar, clasificar, preservar y evaluar las evidencias del hecho con la finalidad de conocer las causas reales que lo provocaron.

La disponibilidad de datos de los hechos de tránsito terrestre, son un requisito previo para cada sistema de gestión de la seguridad vial eficiente. Con esta información, la Ingeniería de Tránsito, podrá tener un panorama acertado en cuanto a los factores que desencadenan este tipo de hechos, con lo que le permitirán tener una mejor manera de explorar la prevención de accidentes y aplicar medidas para reducir la incidencia de los mismos, con bases técnicas y científicas.

De aquí la importancia de la obtención de información de los hechos de tránsito terrestre, a partir de datos objetivos y cuantitativos, que permitan analizar patrones de comportamiento, generados por métodos técnicos.

3.1 Técnicas en la investigación de los hechos de tránsito terrestre

Dentro de las técnicas de investigación de los hechos de tránsito terrestre, podemos enunciar las siguientes: La investigación documental, la investigación de campo y la investigación de laboratorio.

La investigación documental es en esencia un proceso de la investigación científica, esta puede definirse como una estrategia desde la que se observa y reflexiona sistemáticamente sobre realidades teóricas y empíricas, usando diferentes tipos de documentos, donde se indaga, interpreta y presenta datos de un tema específico.

Las características de la investigación documental de los hechos de tránsito terrestre se definen por la recolección, selección, análisis y presentación de información coherente a partir del uso de

documentos de orden oficial generalmente y sustentados bajo metodologías previamente establecidas.

La realización de una recopilación de datos e información, permiten redescubrir hechos y orientar hacia otras fuentes de investigación, elaborando hipótesis mucho más consistentes.

Este proceso debe de realizarse de forma ordenada y con objetivos precisos para la construcción del conocimiento, teniendo en cuenta las técnicas e instrumentos para la localización, clasificación de datos y análisis del mismo, para una adecuada interpretación en espacio y tiempo de los hechos de tránsito terrestre.

La investigación de campo se denomina como la actividad que tiene por objetivo obtener nuevos conocimientos o ampliación de la información con datos que en su mayoría puedan ser utilizados para solucionar problemas.

Como su nombre lo menciona, se trata de llevar a cabo trabajos en el sitio, para la búsqueda y recolección de datos.

La investigación de campo es efectuada en el lugar donde suceden los hechos de tránsito terrestre, donde por consiguiente el investigador podrá tener de primera mano el conocimiento del hecho,

con lo cual podrá manejar mejor la información recabada al momento de presentarla.

La investigación de laboratorio en los hechos de tránsito terrestre supone la manipulación de todas las variables del hecho, con el objeto de someter el fenómeno a condiciones relativamente fáciles de controlar.

Este tipo de investigación se encuentra enfocada en controlar el hecho, careciendo de las características propias del ambiente, por lo que, en la mayoría de estas investigaciones, se trata de que el escenario sea lo más parecido al que ha sucedido, empleando metodología cuantitativa.

3.2 Métodos convencionales para la obtención de datos espaciales en el lugar de los hechos

El Lugar de los hechos de tránsito terrestre es el sitio donde ocurre el suceso en un espacio de tiempo determinado y los primeros en recolectar información de manera oficial son los designados por las autoridades competentes, como lo son: agentes de tránsito y vialidad, protección civil, peritos de la fiscalía, policía federal, policía estatal,

personal de las instituciones de salud, personal ministerial, entre otros.

De lo anterior se considera una serie de procedimientos esenciales para la obtención de datos tanto estadísticos como espaciales, que sean de utilidad para el estudio de los hechos de tránsito terrestre, de los cuales se mencionan a continuación algunos de los que generalmente se llevan a cabo.

3.2.1 Protección y preservación del lugar de los hechos

La protección y preservación del hecho de tránsito terrestre es fundamental, tanto para proteger al o los involucrados, como a terceros, que a su vez se encuentren circulando cercanos al área del suceso, esto debe efectuarse a la llegada pronta del personal de la policía y tránsito municipal de la entidad.

En esta etapa es factor fundamental la intervención de las autoridades correspondientes, ya que de ellos depende la protección del sitio y la elaboración de un cerco en el área del suceso. Este cerco dependerá de si el hecho de tránsito terrestre se llevó a cabo dentro de una vía de acceso controlado, una arteria principal, una calle

colectora o una calle local, hablando en términos de que el hecho se haya suscitado en una zona urbana o rural.

Generalmente se observa que el cerco de protección en espacios abiertos, sobre todo en vialidades con flujo vehicular, se inicia con la instalación de los vehículos que portan los agentes viales con la torreta encendida, a una distancia lo suficientemente aceptable como para hacer notar el suceso visible para otros automovilistas y estos a su vez no incidan y posiblemente contribuyan al hecho de tránsito, reduciendo la velocidad hasta su alto total para evitar una colisión adicional.

Una vez que las autoridades competentes han llegado al sitio, tienen la responsabilidad de acordonar un perímetro con el objetivo de proteger y preservar el lugar de los hechos, tomando en consideración la gravedad del mismo, ya que, en este paso los indicios encontrados de primera mano serán parte fundamental para el proceso y análisis posterior, protegiendo así la escena de cualquier otro factor que pudiese alterarla.

No existe una norma que indique con exactitud la delimitación del área del acordonamiento, por lo que dependerá de las condiciones prevaletientes del lugar, como la topografía y sus condiciones de seguridad. Se considera que se debe establecer 2 cinturones, el

primero para la seguridad del equipo de trabajo relacionado al hecho por parte de las agencias policiales y de salud entre otras y el segundo para delimitar el área donde se ubique occisos y los indicios centrales como lo son los vehículos, (figura 3.1).

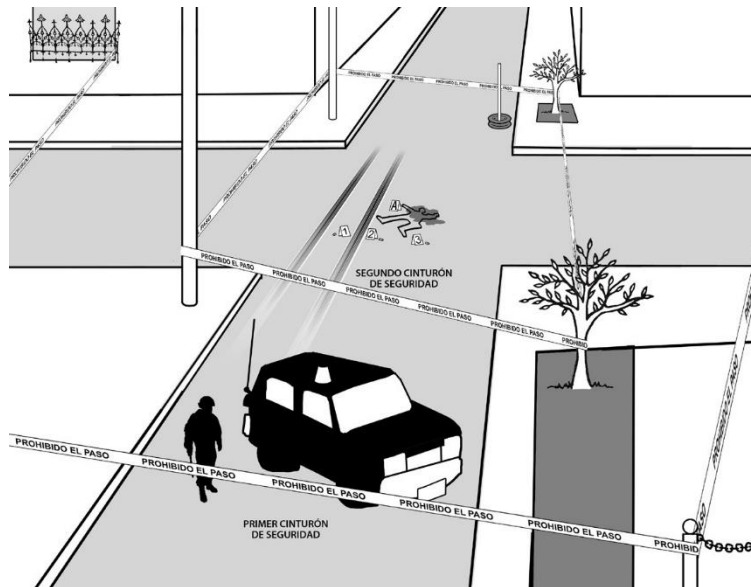


Figura 3.1 Protocolo de cadena de custodia

Fuente: (Penales, 2013)

Al mismo tiempo, el servidor público tiene la responsabilidad de realizar una inspección general que permita identificar si existen víctimas, lesionados, testigos o detenidos para proceder como corresponda. De tal modo que le sea brindada la atención médica a víctimas y lesionados, entrevistar a los testigos y poner a disposición de las autoridades ministeriales a los detenidos (protocolos de cadena de custodia).

La información recabada por las autoridades competentes responsables de proteger y preservar el lugar de los hechos, deberán de registrarlo en el formato I del registro de cadena de custodia, en términos del Acuerdo A/002/10, emitido en el Diario Oficial de la Federación por la Procuraduría General de la República Mexicana en febrero del año 2010, (figura 3.2).



Figura 3.2 Accidente registrado en la carretera vía corta a Santa Ana
Fuente:<http://pueblaroja.mx/2016/11/07/dos-menores-edad-provocaron-la-terrible-muerte-motociclista/>

La preservación de los indicios evitará que sean contaminados, destruidos, alterados o robados, esto conlleva a que los indicios

contengan el valor científico y jurídico para las instancias que utilicen la información obtenida de estos.

3.2.2 Observación del lugar de los hechos

En el proceso de la observación del lugar de los hechos, es meramente un proceso ordenado y con un plan definido, que se debe llevar a cabo de manera detallada, minuciosa, pronta, imparcial, discreta y sobre todo objetiva, reflexiva y analítica.

Dentro de esta etapa, se debe de considerar el mejor método para la inspección técnico – ocular del lugar de los hechos, por lo que los agentes viales, policiaos y peritos, en presencia del Ministerio Público si en su caso aplica, deberán de proceder a inspeccionar el lugar teniendo en cuenta la extensión y el tipo de terreno, con este puede darse el caso de que en determinadas situaciones las evidencias serán obvias y fáciles de localizar y en otras requerirá un registro más detallado y sistemático.

Para lo anterior se recomienda alguno de los métodos más empleados para el proceso de observación del hecho de tránsito.

Método de líneas. – Este método consiste en la colocación de varias personas que caminen paralelamente en un mismo sentido, con la finalidad de que, si alguna de ellas encuentre algún indicio, avise al responsable inmediatamente sin tocar o moverlo, (figura 3.3).

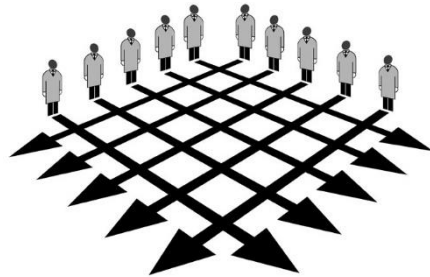


Figura 3.3 Inspección técnico – ocular por el método de líneas

Fuente: (Penales, 2013)

Método de cuadrícula. - Este método es similar al anterior, solo que en este caso se llevará a cabo un recorrido en dos sentidos, uno perpendicular al otro, (figura 3.4).

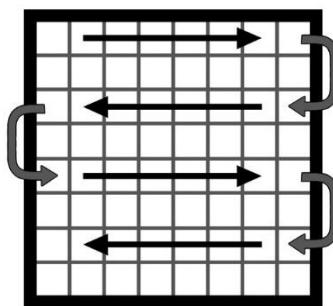


Figura 3.4 Inspección técnico – ocular por el método de cuadrículas

Fuente: (Penales, 2013)

Método de zonas. - Este método consiste en dividir el área de inspección en zonas asignando una nomenclatura a cada una de ellas. Una vez dividida el área, se inspecciona por cada una de ellas y en caso de hallar algún indicio, se hará mención respecto a la zona donde de halló, (figura 3.5).

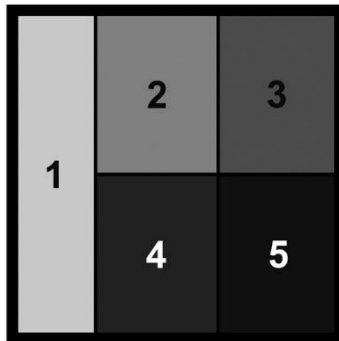


Figura 3.5 Inspección técnico – ocular por el método de zonas

Fuente: (Penales, 2013)

Método radial. - Este método consiste en circundar la zona y estableciendo un punto central haciendo los desplazamientos de la observación de manera radial, partiendo del centro del evento hacia fuera del área, ampliando el área de observación conforme se vayan realizando hallazgos de indicios del hecho, (figura 3.6).

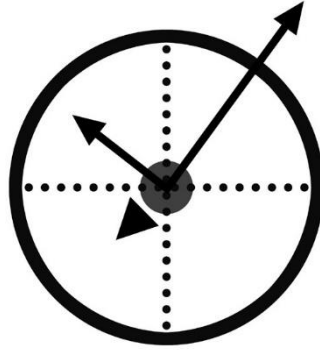


Figura 3.6 Inspección técnico – ocular por el método radial

Fuente: (Penales, 2013)

Método espiral. - Este método se basa en llevar a cabo una observación del hecho de manera espiral a partir del centro hacia afuera o viceversa, (figura 3.7).



Figura 3.7 Inspección técnico – ocular por el método espiral

Fuente: (Penales, 2013)

Método punto a punto. - En este método se puede partir del indicio más obvio hacia el resto de los indicios, (figura 3.8).

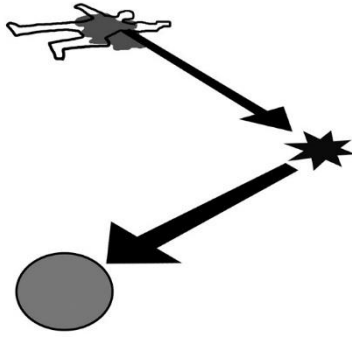


Figura 3.8 Inspección técnico – ocular por el método punto a punto

Fuente: (Penales, 2013)

Método de abanico. - En este método se observa desde un punto específico, preferentemente del indicio más obvio o bien desde los vehículos involucrados y desde ahí se lleva a cabo la observación del lugar de los hechos, tomando en consideración la posibilidad de recorrerlo en forma de franjas para su inspección (figura 3.9).

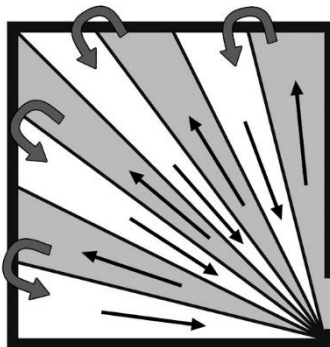


Figura 3.9 Inspección técnico – ocular por el método abanico

Fuente: (Penales, 2013)

Método de zigzag.- En este método en este método se puede iniciar la búsqueda de indicios desde la huella de frenado en caso de

que exista y concluir en la ubicación de los vehículos involucrados o personas participantes, (figura 3.10).

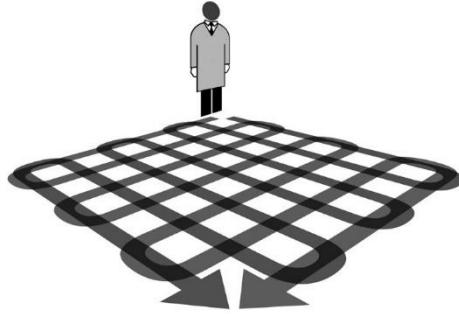


Figura 3.10 Inspección técnico – ocular por el método zigzag

Fuente: (Penales, 2013)

Técnica libre. - Para este caso la persona encargada de la observación del hecho, puede llevar a cabo la interacción a su libre albedrío, de tal modo que pone en práctica la experiencia adquirida.

Dentro del procedimiento de la observación del lugar se deberá de considerar las áreas donde se pueda circular para llevar a cabo el proceso de la fijación y colecta de datos de los indicios, de tal modo que no contamine el área de estudio y si es posible en su caso le haga saber a el resto del personal involucrado por donde llevo a cabo la circulación durante la observación.

3.2.3 Identificación de indicios en el lugar de los hechos

La etapa de la identificación de indicios en el lugar de los hechos es una de las etapas más significativas antes de comenzar la fijación de los hechos, por lo que es indispensable que el personal de campo tenga la habilidad de identificarlos.

En los hechos de tránsito terrestre existen una serie de indicios que son generalmente obvios de identificar, de los cuales se pueden considerar los siguientes:

- Huellas de Frenado
- Señales de desplazamiento
- Huellas de arrastre
- Señales de rodamiento
- Fragmentos de cristales
- Fragmentos de molduras
- Partes automotrices
- Esquirlas de pinturas
- Manchas de sangre
- Fricciones producidas por cuerpo duro en la zona de rodamiento
- Daños a objetos fijos
- Personas occisas

- Los vehículos involucrados

Todos estos indicios deberán quedar registrados en un croquis o bosquejo, con sus dimensiones referidas a puntos fijos de tal modo que esta información sea recolectada inmediatamente que haya sucedido el hecho y en la misma posición en la que se encontraba cuando ocurrió, debido a que pasa el tiempo pasa, los indicios que son esenciales, van desapareciendo, (figura 3.11).



Figura 3.11 Identificación y numeración de evidencias e indicios de de un hecho de tránsito terrestre

Fuente: <http://segvialysiniestros.blogspot.com/>

3.2.4 Fijación de indicios

La fijación de indicios es el medio que permite dejar constancia de un hecho. Generalmente existen daños perdurables a partir de un hecho de tránsito terrestre, estos pueden ser huellas o indicios presentados en los vehículos, en el camino o incluso en personas involucradas, estos a su vez comienzan a desvanecer conforme transcurre el tiempo del hecho, el cual se va dando por el retiro de los vehículos, la reparación de daños en el camino, entre otros, provocando la pérdida de información valiosa para su estudio.

Para contrarrestar lo anterior podemos aplicar métodos de fijación con apoyo de algunas tecnologías que nos permitan preservar huellas, indicios o daños para su uso posterior.

En la actualidad existen diversos métodos de fijación que nos ayudan a preservar la escena del hecho y en conjunto se vuelven una gran herramienta para un mejor análisis de las posibles variables que se involucren en los hechos de tránsito, por lo que a continuación mencionaremos algunos de los principales métodos de fijación convencional, que se llevan a cabo en nuestros días, en algunas partes del mundo y de México.

3.2.4.1 Descripción escrita

El método de descripción escrita es una herramienta fundamental en la colecta de datos, este método se lleva a cabo en el sitio recopilando información en una libreta, donde se describe de manera general y particular la ubicación y orientación del sitio, así como la de los indicios de manera detallada, haciendo referencia de estos a puntos fijos, donde el objetivo principal de este método es representar por medio escrito los hechos y los indicios que se perciben a través de los sentidos.

3.2.4.2 Fijación fotográfica

A menudo los daños que se presentan en un hecho de tránsito terrestre no son perdurables, si los daños en la vialidad son bastante fuertes logran borrarse, con mayor rapidez las huellas o indicios como las de los neumáticos.

Es por ello que el método de fijación fotográfica hoy en día, cumple un factor muy importante como parte de la fijación de los hechos de tránsito terrestre en el espacio temporal. La fijación fotográfica en los hechos de tránsito terrestre no es nueva, y a partir de la industrialización en grandes producciones de vehículos

automotores por Henry Ford, se comenzó a producir con mayor frecuencia los hechos de tránsito y con ellos se comenzó a tener las primeras fuentes de fijación fotográfica de ellos, (figura 3.12).



Figura 3.12 Foto del vehículo accidentado del Dr. WJ Davis en 1917

Fuente: <https://vaiu.es/accidentes-de-trafico-en-1900/>

Al plasmar una imagen fotográfica, es necesario que proporcione información básica del hecho, con el fin de obtener datos del vehículo y de otros elementos como las condiciones de la vialidad, de lo anterior podemos basar la toma de las imágenes en dos fases principalmente: la fijación fotográfica del lugar de los hechos y la de los vehículos.

La fijación fotográfica del lugar de los hechos deberá contemplar cuando menos cuatro principales criterios:

1. Tres vistas generales anteriores, tomadas desde la parte central del arroyo y extremos izquierdos y derechos del mismo.
2. Al igual que el inciso anterior se deberá de tomar tres vistas generales posteriores, una desde el centro del arroyo y a su vez la toma desde el extremo derecho e izquierdo del mismo en dirección al centro del hecho de tránsito.
3. La toma de una vista desde un punto alto, ya sea que quien toma la imagen lo haga desde un techo de alguna vivienda, desde un vehículo o algún otro sitio que le permita hacer la toma aérea lo más completa posible.
4. La toma de acercamientos medios de los indicios y del área de impacto, así como el de la o las víctimas en caso de ser posible, indicando su situación y posición.

La fijación fotográfica de los vehículos, debe llevarse a cabo a través de tomas de los vehículos involucrados contemplando las siguientes vistas: de frente, de lado izquierdo, de lado derecho, parte posterior y parte inferior en casos de aplastamientos, así como tomas de acercamiento medio de los puntos de contacto o colisión y de las placas que identifican al vehículo.

Actualmente existe la aplicación de la fotogrametría. Este método consiste en llevar a cabo una serie de tomas fotográficas de

la escena con la capacidad de utilizar las imágenes digitales en un software de procesamiento fotogramétrico, (figura 3.13).

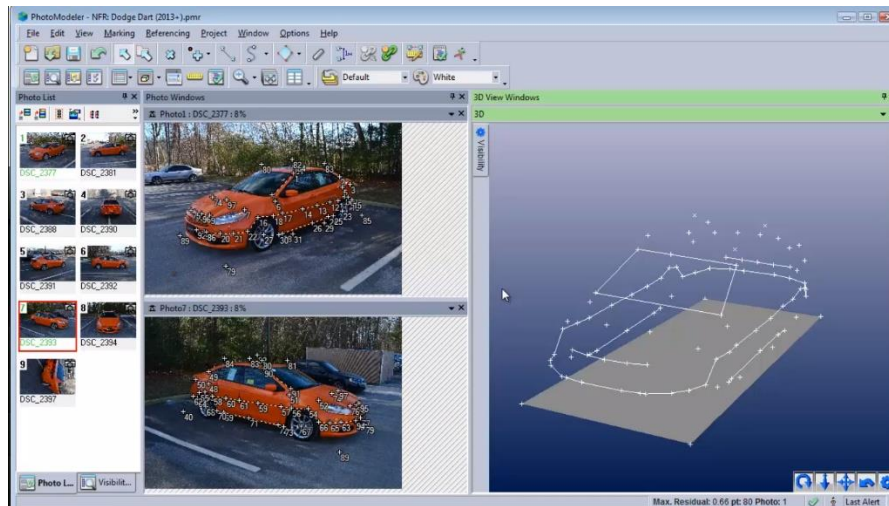


Figura 3.13 Ejemplo de modelado en 3D para la medición de deformación de vehículo a partir de fotografías con software de procesamiento Photomolder

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=XKb0o8JnTbA>

El proceso anterior, se puede llevar acabo con una cámara fotográfica digital profesional calibrada, destinada para el uso de tomas fotográficas de hechos de tránsito terrestre o con una cámara convencional, que permita su guardado de la toma en un archivo digital.

3.2.4.3 Fijación topográfica planimétrica

La topografía se define etimológicamente del griego como topos= lugar y graphein = describir, considerada como la ciencia que trata los principios y métodos empleados para determinar las posiciones relativas a los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas y utilizando los elementos del espacio en tres dimensiones. En general la topografía es una aplicación de la geometría (Márquez, 2003).

La aplicación de esta ciencia en la fijación de los hechos de tránsito terrestre es llevar a cabo la ubicación de puntos que denominares como indicios o evidencias, tales como: vértices o ejes de los vehículos, cabeza o pies de las víctimas o el centro de masa de otros elementos como por ejemplo cascos o fragmentos de los vehículos.

La planimetría se le denomina al conjunto de trabajos que se llevan a cabo en el sitio para adquirir los datos geométricos necesarios que permitan elaborar una figura semejante a la que se encuentra en el sitio, proyectada sobre un plano horizontal.

Los levantamientos topográficos planimétrico pueden llevarse a cabo de diversas maneras, con diversos instrumentos, desde el uso de la cinta métrica, la combinación de cinta y brújula, el tránsito y la cinta,

la estación total, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en ingles), los sistemas de escáner laser, la fotogrametría con drones o los denominas vehículos aéreos no tripulados, todos ellos con capacidades y alcances diferentes.

Lo que generalmente se utiliza para llevar a cabo la fijación topográfica planimétrica de hechos de tránsito terrestre por parte de los servidores públicos, encargados de llevar acabo las diligencias de los accidentes de tránsito en algunos países del mundo, es el uso de la cinta métrica, lápiz y papel.

Dentro de estos estudios de medición topográfica planimétrica, deberemos de tener en cuenta el concepto de punto fijo o referencia. Estos puntos fijos o de referencia se pueden clasificar en tres tipos: los naturales, los artificiales y los arbitrarios.

Los naturales como su nombre lo dicen; son aquellos donde no se ha hecho presente la mano del hombre. Los artificiales podemos considerar aquello como; esquinas de paramentos, guarniciones banquetas, postes de luz, etcétera. Y los Arbitrarios podrán ser aquellos puntos imaginarios con base en puntos artificiales (ejemplo; el punto cero del plano cartesiano).

Existe una diversidad de métodos de fijación topográfica planimétrica, de los cuales podemos destacar los más comunes como lo son: el método por coordenadas u ortogonal, el de radiaciones y el de triangulación, siendo este último en principio similar al anterior.

Todos estos métodos tienen como finalidad fijar espacialmente los indicios o evidencia física movable de los elementos de un hecho de tránsito terrestre a uno o varios puntos fijos o referencias.

3.2.4.3.1 Levantamiento de croquis o bosquejo topográfico planimétrico del hecho de tránsito por el método de coordenadas con cinta

Los levantamientos de croquis o bosquejo topográficos planimétricos aplicados a los hechos de tránsito terrestre cumplen una función importante al momento de la fijación de los indicios, ya que en este se dibujan todos los detalles que se encuentren en la escena del hecho y la zona de influencia al momento de que haya ocurrido.

Las partes fundamentales que se deben anotar en el croquis del levantamiento topográfico de un hecho de tránsito terrestre son:

- La colocación del símbolo del Norte
- Las mediciones del posible punto de impacto o área de impacto

- La medición de la posición final de los vehículos
- La medición de la última posición en la que quedaron las víctimas “en el caso que aplique”, después del accidente.
- La medición de las huellas encontradas en el lugar de los hechos marcadas por los vehículos participantes y las personas involucradas.

Otros elementos que también se deben incluir en el croquis topográfico son; la posición de las banquetas, los anchos de calzada, los carriles, los camellones, los señalamientos horizontales, los señalamientos verticales, los sentidos de circulación, las trayectorias previas y posteriores al impacto, los vehículos estacionados, el mobiliario urbano y de servicios y todos aquellos elementos que hayan intervenido en el hecho de tránsito.

Es importante mencionar que, al momento de elaborar el croquis topográfico, se podrá registrar y dibujar únicamente los elementos encontrados a la llegada de sitio de los hechos, Debido al espacio limitado en el gráfico, se recomienda no colocar las cotas de las medidas, debido a que estas se pueden confundir con los elementos que se acotan en el croquis.

En el croquis topográfico, se deberá situar únicamente el número de identificación de cada punto medido, respectivamente a la arista del elemento y este a su vez debe coincidir exactamente con el registro de la tabla de medidas con su respectivo identificador. Las únicas cotas que pueden indicarse en el gráfico deberán ser: la distancia entre el punto fijo y el punto auxiliar, los anchos de la vía, los anchos de calzada, los anchos de carriles y bahías, las cuales no deben provocar confusión con otros puntos medidos, al momento de su interpretación.

La elaboración del croquis topográfico, con el método de coordenadas cartesianas, consiste en llevar acabo la medición de los elementos de un hecho de tránsito terrestre a través de puntos que identifiquen a dichos elementos, estos a su vez serán referidos a una línea base o línea de referencia, identificada como eje de partida.

Como su nombre lo indica, se basa en el espaciamento bidimensional establecido por el físico – matemático Rene Descartes, donde nos indica que:

El sistema de coordenadas rectangulares consta de dos rectas dirigidas XX' y YY' llamadas ejes de coordenadas y que son perpendiculares entre sí, la recta XX' se llama eje "X" y la recta YY' se llama eje "Y" y su punto de intersección "O" es el origen 0 (...),

donde todo punto P del plano se localiza por medio del sistema rectangular, (figura 3.14). (Olvera, 1997)

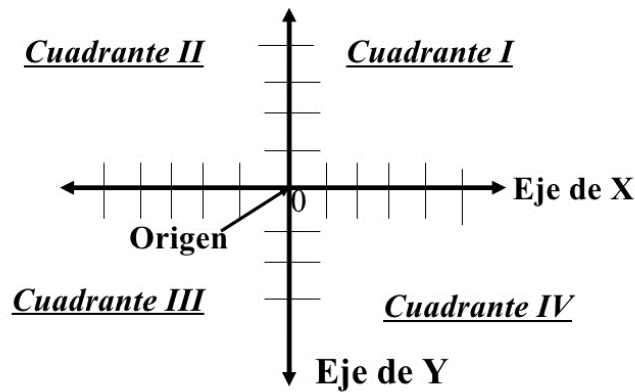


Figura 3.14 Plano Cartesiano

Para llevar a cabo este proceso, se puede tomar como ejemplo de línea base o línea de referencia, la línea de guarnición de un tramo recto que se encuentre inmediato al área de interés del hecho de tránsito. Ésta línea la podemos definir marcando dos puntos en los extremos de la línea con un marcador indeleble o plumón industrial, de manera que la nomenclatura del punto en extremo al lado poniente, sea nuestro punto origen o de partida y el del extremo del lado oriente sea la referencia, determinado así el eje de las ordenadas en X en sentido de poniente a oriente y por consecuente, las medidas que se realicen perpendiculares a la línea base determinen las ordenadas en el eje de las Y.

Podemos apoyarnos colocando una cinta tendida a lo largo de la línea base, entre el punto de origen y el punto de referencia con longitudes de 20, 30, 60 o 100 metros, según se necesite en el caso que se esté midiendo, como se muestra en la Figura 3.15.

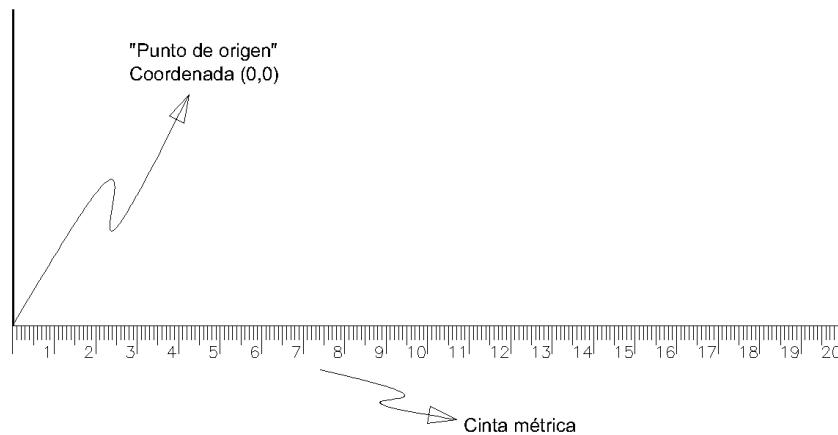


Figura 3.15 Ejemplo de colocación de cinta respecto a un punto base

Fuente: Propia

Es importante indicar que para llevar a cabo el levantamiento bajo este método, se considera marcar en el croquis una orientación del norte, ya sea magnético o geográfico, el cual, no necesariamente coincidirá con la dirección de las ordenadas en Y.

Una vez establecido lo anterior, se procederá a medir ordenadamente cada uno de los puntos de los indicios del hecho de tránsito (huellas, ejes de vehículos, personas o indicios) de manera perpendicular a la línea base que previamente establecimos,

asignando su correspondiente número de identificación (1, 2, 3, 4, etc.) tal como se muestra en la figura 3.16.

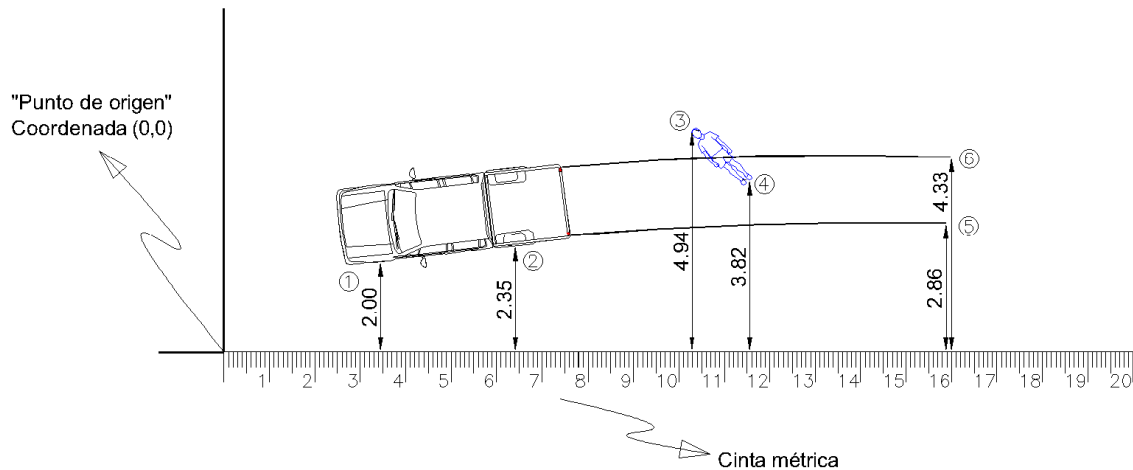


Figura 3.16 Ejemplo de colocación de cinta y medición de evidencias e indicios, perpendicular a la línea base.

Fuente: Propia

Ya que se realizaron las medidas, se procede al registro numérico de los valores en la tabla de medidas que a continuación se presenta, tabla 3.17, con el fin de tener ordenadamente los datos colectados, además, recordando que estas medidas no se acotarán en el croquis o bosquejo topográfico, para evitar confusión con los elementos físicos que si debamos acotar. Por tal motivo la tabla de medidas será indispensable para la elaboración del croquis.

PUNTO DE ORIGEN O REFERENCIA			
TABLA DE MEDIDAS			
No.	"X" o "A"	"Y" o "B"	Identificación del Punto
1	3.46	2.00	Final H.F.Eje Del
2	6.42	2.35	Eje trasero
3	10.30	4.94	Cabeza occiso
4	11.58	3.82	Pie izq occiso
5	15.89	2.86	Inicio H.F. izq
6	16.00	4.33	Inicio H.F. der
7			
8			
9			

Tabla 3.17 Ejemplo de tabla de medidas de evidencias e indicios, para medición por coordenadas.

Fuente: Propia

Como se puede dar cuenta, el uso de la tabla de medidas nos facilita la identificación de los elementos que se midan, obteniendo coordenadas cartesianas (X,Y) y a su vez se pueda posteriormente usar esta información para dibujar en un software de computadora que permita trabajar bajo el esquema de coordenadas y sea más sencilla su captura para su representación gráfica de los elementos del levantamiento topográfico de un hecho de tránsito terrestre.

3.2.4.3.2 Levantamiento de croquis o bosquejo topográfico planimétrico del hecho de tránsito por el método de triangulación con cinta.

El método de levantamiento de croquis o bosquejo topográfico planimétrico por triangulación con cinta métrica es utilizado cuando no es posible trazar una línea base que permita la acotación de los diversos puntos a medir, esto en muchas ocasiones es por la cantidad de obstáculos o porque en el área donde sucedió el hecho no es una vialidad recta.

Sin embargo, en el método de triangulación, el establecimiento de la línea base es similar al método utilizado por coordenadas, solo que en este caso y por convencionalismo denominaremos al punto origen como punto de referencia "PR" y al auxiliar como "Aux". Es aconsejable que la línea abarque toda el área del hecho de tránsito terrestre.

Una vez establecida esta línea base se procede a realizar la medición por triángulos, por lo que para cada punto de interés que se mida, se tendrán dos medidas, la primera del punto de referencia (PR) al punto de interés y la denominaremos como la medida en "A" y una segunda medida que estará dada del punto auxiliar (Aux) al mismo punto de interés y la denominaremos como la medida en "B", con lo

anterior tendremos formado el triángulo de medición de cada uno de los puntos de interés, tal como se muestra en la figura 3.18.

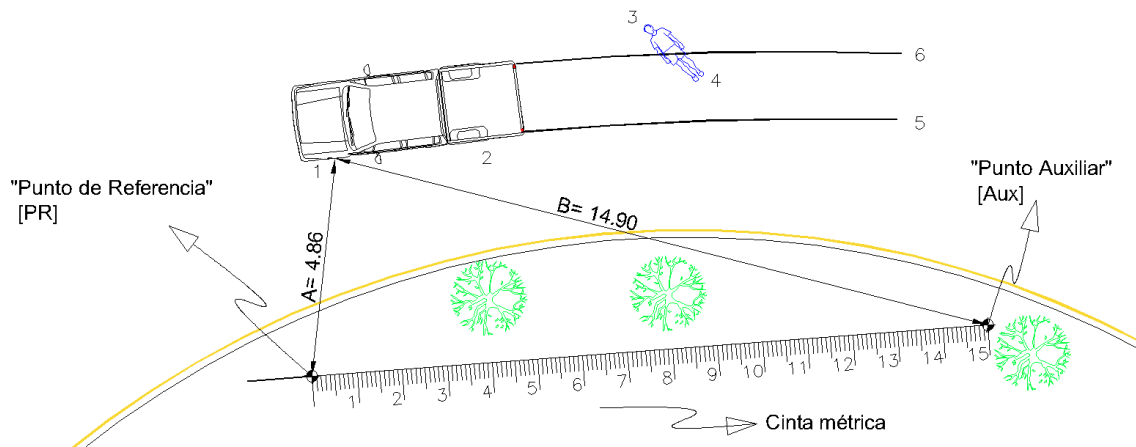


Figura 3.18 Ejemplo de colocación de cinta y medición de evidencias e indicios, por el método de triangulación con cinta.

Fuente: Propia

Todas las mediciones deberán de registrarse en la tabla de medidas. Igual al caso de medición por coordenadas, se utilizara la misma tabla, donde encuentra implícito el uso, tanto del método de coordenadas, como el método de triangulación, quedando como se muestra en la figura 3.19.

PUNTO DE ORIGEN O REFERENCIA			
TABLA DE MEDIDAS			
No.	"X" o "A"	"Y" o "B"	Identificación del Punto
1	4.86	14.90	Final H.F.Eje Del
2	6.24	12.16	Eje trasero
3	10.69	10.08	Cabeza occiso
4	10.90	8.38	Pie izq occiso
5	14.14	4.96	Inicio H.F. izq
6	14.88	6.30	Inicio H.F. der
7			
8			
9			

Figura 3.19 Ejemplo de tabla de medidas de evidencias e indicios, para medición por el método de triangulación con cinta.

Fuente: Propia

3.2.4.3.3 Levantamiento y registro de huellas del hecho de tránsito terrestre.

La fijación de las huellas de un hecho de tránsito terrestre cumple un papel importante en el levantamiento de los hechos de tránsito terrestre, ya que estas ayudan de manera retrospectiva a determinar las posibles causas de suceso. Estas huellas pueden ser de frenado, de derrape, de trayectoria, de arrastre metálico, de aceleración o de arrastre de víctima entre otras tantas, las cuales deben ser debidamente fijadas y acotadas.

Como parte del croquis o bosquejo topográfico, se incluye la tabla de huellas, donde colocaremos su número de indicio correspondiente, su longitud y el tipo de huella al que corresponde,

teniendo en consideración de que, si la huella contempla una forma curva, deberemos de indicar la distancia de la cuerda que se forma entre la curva y la línea recta que une los extremos de la huella como se muestra en la Figura 3.20.

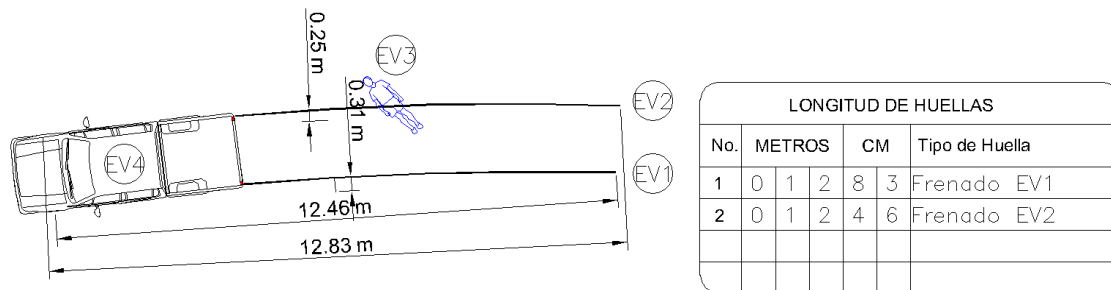


Figura 3.20 Ejemplo de levantamiento y registro de huellas.

Fuente: Propia

Durante la elaboración del croquis o bosquejo topográfico, se debe indicar con número los puntos de los elementos de indicios que se midan, como por ejemplo: los ejes de los vehículos, el inicio y fin de las huellas, el posible punto de impacto (no excediendo un área mayor a un metro cuadrado), las víctimas, etcétera, y para las evidencias las enumeraremos y encerraremos en un círculo para diferenciarla de los puntos de medición de los elementos, como por ejemplo los vehículos, las víctimas, las huellas, entre otros.

3.2.4.3.4 Levantamiento y registro de la geometría de la vialidad del hecho de tránsito terrestre tránsito terrestre.

Otro de los elementos que conforman el bosquejo topográfico, son los datos de la vialidad, dentro de los cuales podemos destacar el radio de curvatura de la vialidad en caso de que sea un tramo curvo donde sucedió el hecho, así también, el peralte o sobre elevación de la curva y la pendiente longitudinal.

El radio de curvatura es el radio de la curva circular o de la circunferencia. Para determinar este radio de curvatura en el sitio deberemos tomar en consideración los siguientes elementos:

R= radio de curvatura

Lc= longitud de cuerda

M= Ordenada media

Donde:

$$R = \frac{Lc^2}{8M} + \frac{M}{2}$$

Por lo que, para determinar el valor del radio de curvatura en sitio, pondremos la cinta métrica tendida sobre la vialidad en un tramo

de curva y medir a la mitad de la medida de la cinta el valor de la ordenada media, como se muestra en la figura 3.21.

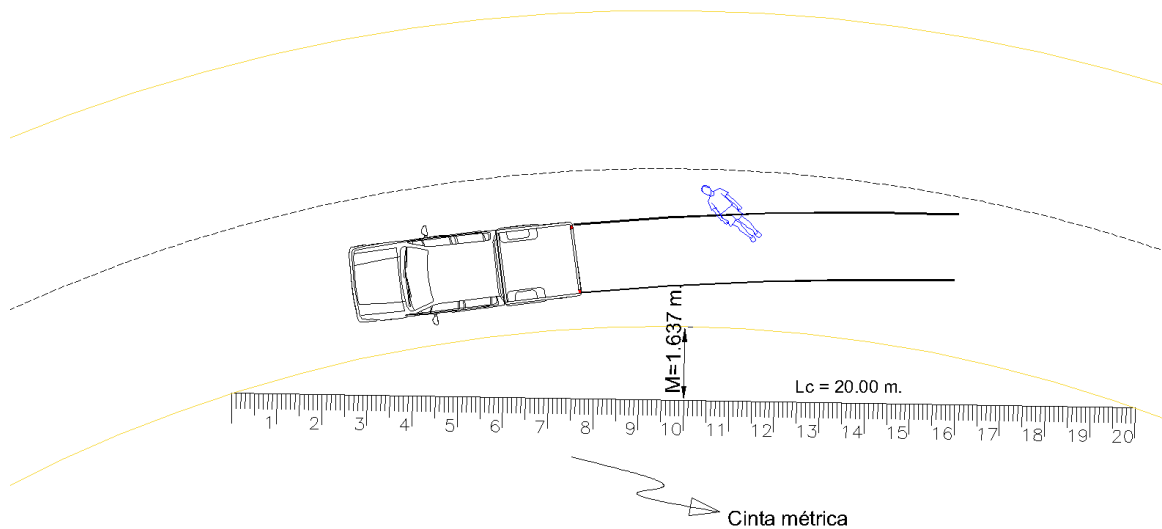


Figura 3.21 Ejemplo de levantamiento y registro de radio de curvatura de la vialidad.

Fuente: Propia

Sustituyendo los valores obtenidos de la medición en la fórmula tenemos el siguiente resultado:

$$R = \frac{(20.00)^2}{8(1.637)} + \frac{1.637}{2} = 31.36 \text{ m}$$

El peralte o sobre elevación es el grado de inclinación que tiene la curva de una vialidad, la cual tiene como objetivo contrarrestar la fuerza centrífuga que se genera en un vehículo al transitar sobre esta, a una velocidad determinada.

Este valor esta dado en porcentaje y se obtiene de la medición del desnivel que existe en la sección transversal de la mitad de la curva horizontal de la vialidad donde haya ocurrido el hecho de tránsito, entre los extremos del arroyo y la longitud total del arroyo, donde consideraremos los siguientes elementos:

Dh= Distancia horizontal del arroyo

Dv= Distancia vertical o desnivel en metros entre los extremos del arroyo.

Pend= Pendiente en porcentaje.

Donde:

$$Pend \% = \left(\frac{Dv}{Dh} \right) * 100$$

Como ejemplo se toman los valores de la imagen 3.22:

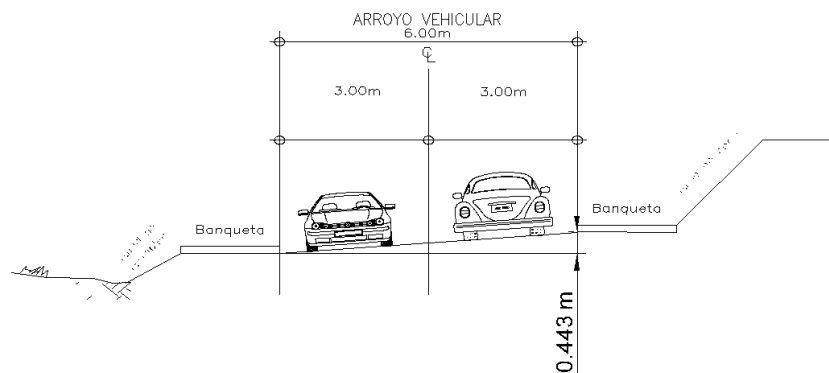


Imagen 3.22 Ejemplo de levantamiento y registro, de ancho y desnivel de vialidad.

Fuente: Propia

En este ejemplo, se sustituyeron los datos obtenidos de la medición en la fórmula de la pendiente previamente mencionada:

$$Pend \% = \left(\frac{0.443}{6} \right) * 100 = 7.38\%$$

Con respecto a la pendiente longitudinal llevaremos a cabo el mismo procedimiento que para la obtención del peralte, solo que, en lugar de medir la sección transversal, mediremos a lo largo de la vialidad, considérese que, para efectos de nuestro estudio, realizaremos la medición partiendo del punto del hecho de tránsito en dirección de las vialidades de dónde provino o provinieron los vehículos involucrados.

3.2.4.3.5 Levantamiento y registro de datos generales del croquis o bosquejo topográfico del hecho de tránsito terrestre tránsito terrestre.

Como parte del levantamiento y registro de datos generales en el croquis o bosquejo topográfico de un hecho de tránsito terrestre, debemos tomar en consideración el registro de la posición geográfica del punto de impacto, la escala del plano, el número de plano, el tipo de vista, los datos de quien conoce el hecho, el nombre o dirección del lugar del hecho y la fecha y hora en que ocurrió el hecho.

3.2.4.3.6 La posición geográfica del punto de impacto, la escala, el número de plano y la vista

La posición geográfica

Podemos decir que la posición geográfica, es la asociación de la localización de un punto en el planeta tierra, la cual nos permite ubicar esa posición en un mapa y saber en dónde ocurrió el hecho de tránsito terrestre.

Para la determinación de una posición geográfica, se emplean dos ejes de coordenadas. Uno de ellos es la latitud, el cual es la medida angular que existe entre la línea de ecuador en dirección norte o sur, hacia el punto de interés y el otro es la longitud, el cual a su vez también es la medida que se genera a partir del meridiano de Greenwich o meridiano cero "0" hacia el punto de interés en dirección este en positivo y oeste en valor negativo, como se muestra en la figura 3.23.

Estos valores hacen posible localizar una posición en el planeta, por medio de valores absolutos, por lo que un punto que se identifica tomando en cuenta su latitud y longitud, no puede ser interpretado de dos maneras diferentes y siempre conducirá al mismo lugar.

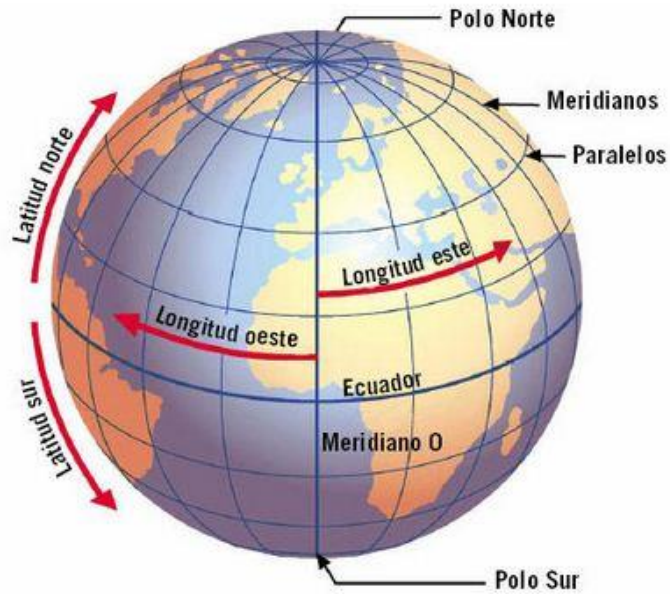


Figura 3.23 Identificación de los elementos que conforman una posición geográfica en el globo terráqueo.

Para una mejor comprensión espacial del hecho de tránsito terrestre, es importante poder georreferenciar la posición del punto de impacto, por lo que dicha medición juega un papel importante para la determinación del espacio donde ocurrió el hecho.

Existen diversas maneras de determinar la ubicación geográfica de un punto, los cuales pueden ser muy laboriosos y en otros casos complejos, sin embargo, en la actualidad y a través del uso de aplicaciones en los teléfonos celulares inteligentes denominados “smartphone”, podemos obtener estos valores sin la necesidad de tanta inversión de tiempo. Otro caso es el uso de navegadores GPS

por sus siglas en ingles “Sistema de Posicionamiento Global”, que por lo general suelen ser de bajo costo e intuitivos, (figura 3.24).



Figura 3.24 Lado izquierdo imagen de un Smartphone con aplicación GPS y del lado derecho un equipo GPS navegador de la marca Garmin con precisión de $\pm 3m$.

Sin embargo, se debe tomar en consideración que, para ambos casos, la ubicación geográfica que proporcionan es de nivel métrico (2 a 5 metros de precisión en el mejor de los casos), por lo que estos dispositivos nos proporcionarán una ubicación relativa al punto verdadero.

La escala

Otro concepto que manejaremos en la representación planimétrica de los hechos de tránsito terrestre es el de la escala, debido a que las medidas tomadas en el sitio serán plasmadas en un gráfico, ya sea impreso o digital, por lo que la escala la definiremos como la relación que existe entre el valor de la medida física tomada en sitio y la impresa en el plano. Por ejemplo: si nuestro plano queda a una escala de 1:200 decimos que por cada centímetro en el plano será un equivalente a 200 centímetros en la realidad.

El plano o croquis de levantamiento topográfico elaborado a una escala numérica deberá contener una escala gráfica, la cual servirá de apoyo para que utilice la información, sirviendo esta como guía cuando se realice una medición directamente en el gráfico.

La escala grafica se representa generalmente mediante una línea recta graduada, dividida en partes iguales, donde la unidad de medida representa la longitud o distancia en la realidad y muestra cuantas unidades en la realidad equivalen a unidades en el dibujo. Un ejemplo de escala grafica es como el que se presenta en la figura 3.25.

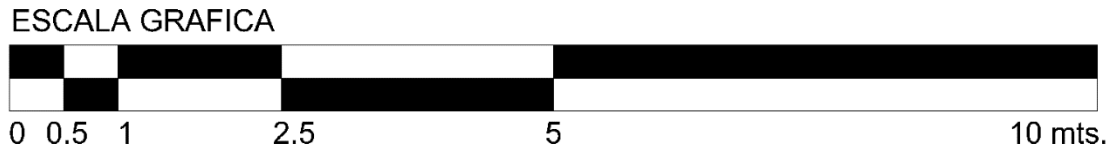


Figura 3.25 Ejemplo de escala gráfica.

Fuente: Propia

El número de plano o croquis

En algunas ocasiones, es posible que debido a que el área del hecho de tránsito terrestre este muy extensa y no se pueda describir en un solo croquis, sea necesario utilizar más de uno y de esta manera se puede hacer el levantamiento sin pérdida de detalles o se amontonen los gráficos representados, por tal motivo, es recomendable indicar el número de plano en que se está trabajando, por ejemplo: si ocupamos dos planos para su representación en el primero indicaremos que el número de plano es 1:2 que equivale a uno de dos planos y el segundo se mencionará como 2:2; es decir, dos de dos.

Vista del plano o croquis del levantamiento topográfico.

La vista del plano es la posición en la que se encuentra dibujado el croquis o bosquejo topográfico. Los tipos de vista pueden ser: vista de planta superior, inferior, lateral izquierdo o derecho, posterior y alzado.

Por convencionalismo y practicidad el tipo de vista que se recomienda es la vista en planta superior, ya que en esta proyección es mucho más fácil de elaborar y conserva una mejor interpretación de los datos recolectados.

3.2.4.3.7 Nombre de quien conoce el hecho, lugar, fecha y hora del sitio del hecho de tránsito terrestre.

Los datos complementarios son también parte importante del levantamiento del croquis o bosquejo topográfico del hecho de tránsito terrestre, por lo que se deberá considerar una tabla de estos datos dentro del croquis o bosquejo.

Nombre de quien conoce el hecho.

Es indispensable saber quién conoce y llevo a cabo la elaboración del hecho de tránsito terrestre. Por lo general la persona que lleva acabo esta diligencia es un agente o policía vial, por lo que esta persona deberá de anotar sus datos tales como grado dentro de la corporación a al que pertenece, nombre y apellidos, número de identificación y firma o rubrica, ya que esta persona será el

responsable de preservar dicha información para su posterior uso o aplicación que competa.

Lugar.

El lugar del hecho de tránsito terrestre es también un dato importante, ya que complementa la relación entre la ubicación geográfica en cuanto a coordenadas y el nombre del sitio donde sucedió, por lo cual se recomienda detallar lo más preciso posible, desde la calle o las calles donde sucedió, la colonia o delegación, la localidad, el municipio, el estado y el país en caso de que aplique.

Fecha y hora.

La fecha y hora contribuyen también al entendimiento del espacio-tiempo en el que sucedió el hecho de tránsito, por lo que se vuelve una variable indispensable para utilizarla en el análisis del suceso y si en su caso se compare con otros sucesos para conocer y comprender el comportamiento del suceso,

**3.2.4.3.8 Ejemplo de Levantamiento de croquis o bosquejo topográfico
planimétrico del hecho de tránsito por el método de coordenadas
con cinta.**

A continuación, se presenta un croquis o bosquejo topográfico de un levantamiento de un hecho de tránsito terrestre, elaborado por el método de coordenadas, esto con la finalidad de ejemplificar a groso modo los elementos que lo integran, en la figura 3.26.

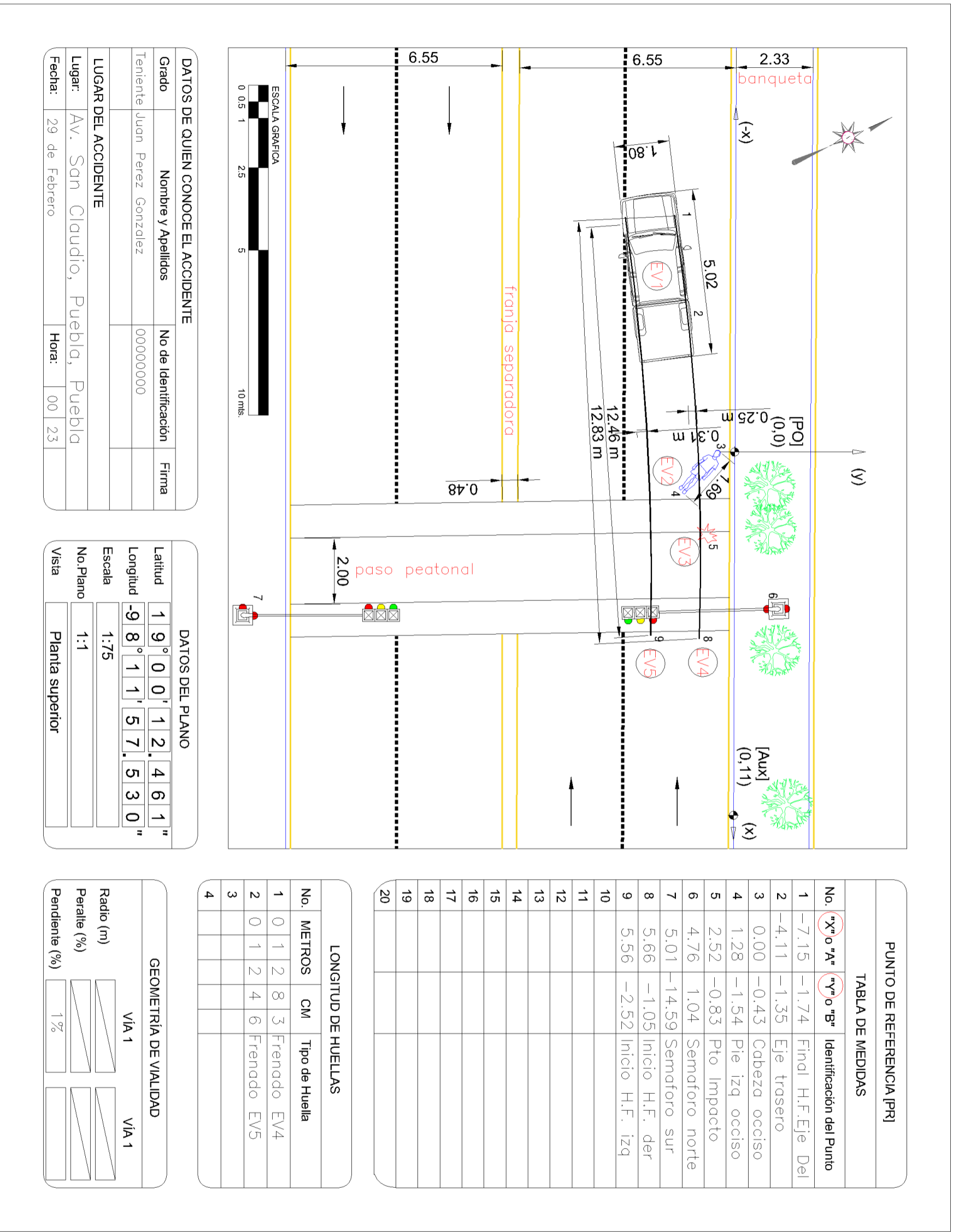


Figura 3.26 Ejemplo de croquis o bosquejo de levantamiento de un hecho de tránsito terrestre. Fuente: Propia

Capítulo 4 Generalidades del sistema de medición GNSS

La aplicación de nuevas tecnologías para beneficio del hombre, ha sido un factor fundamental en su desarrollo, contemplado como uno de sus principales objetivos, el beneficio del bien común y salvaguarda de los mismos, lo que genera en la actualidad uno de sus principales apoyos para entender mejor su entorno en diversas aplicaciones como lo es la ingeniería de tránsito y en específico la aplicación el estudio de los hechos de tránsito terrestre.

Por lo anterior y como parte de esta investigación, a continuación, se presenta un bosquejo general del sistema de posicionamiento global, con la finalidad de aplicación a estudios de hechos de tránsito terrestre, con el objetivo de conocer las principales fases y métodos de uso, con aplicación técnica, dirigida al rubro de la ingeniería de tránsito.

4.1 Introducción a los sistemas GPS GNSS

El posicionamiento satelital ha sido usado con fines militares en los Estados Unidos y la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, por sus siglas en inglés (NASA) desde 1960. Uno de los

primeros y muy exitosos sistemas de posicionamiento satelital fue el TRANSIT, también conocido como NAVSAT por sus siglas en inglés Navy Navigation Satellite System.

En 1967 fue puesto en uso comercial el sistema de posicionamiento TRANSIT, del cual se realizaron muchas aplicaciones de mediciones geodésicas dónde la meta fue establecer redes de control sobre grandes regiones del hemisferio terrestre.

El sistema de satélite TRANSIT fue uno más de los instrumentos utilizados en el establecimiento de los datums geocéntricos modernos y conector a varios de los datums nacionales (locales) en un marco de referencia geocéntrico único. Desafortunadamente, este sistema satelital fue incapaz de mantener la precisión para mediciones geodésicas precisas, el TRANSIT sólo daba precisiones sub-métricas observando más de 1 día. Finalmente, la tecnología del reloj atómico ha mejorado considerablemente durante los recientes años para asegurar transmisiones estables del satélite.

A partir de 1992 el sistema de posicionamiento global (GPS) está siendo utilizado como una herramienta de navegación suplementaria y estos son los únicos medios de navegación aérea principales desde 1995.

El sistema GPS se puede dividir en tres segmentos:

El Segmento-Espacio, que está conformado por los satélites GPS, los cuales transmiten señales en dos frecuencias moduladas. Los satélites NAVASTAR (Sistema de Navegación con Tiempo y Rango), transmiten señales sincronizadas de tiempo, parámetros de posición de los satélites e información adicional como “estado de salud” de los satélites, en dos frecuencias portadoras diferentes.

Actualmente se han desarrollado más constelaciones de satélites para el uso de posiciones, como lo son la rusa con la constelación GLONASS, la europea con la constelación GALILEO, la china con la constelación BeiDou, la japonesa con la constelación QZSS y el aumento de satélites estacionarios regionales como lo son los WAAS, EGNOS, GAGAN, SDCM, entre otros como los próximos a proporcionar información de navegación como los IRNSS de la India.

De acuerdo a lo anterior, se comienza con una etapa en los sistemas de navegación por satélite denominada GNSS que por sus siglas en inglés Sistema Satelital de Navegación por Satélite, (figura 4.1).



Figura 4.1 Actuales constelaciones de satélites para la navegación GNSS.

Actualmente, el sistema de navegación global de satélites transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre que ayudan a determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, topográficas entre otras muchas más actividades.

El Segmento-Control comprende una red de estaciones maestras de control en tierra, estaciones de carga de datos y estaciones de monitoreo (una primaria y una de respaldo), cuatro estaciones de

carga de datos y 16 estaciones de monitoreo ubicadas en todo el mundo.

En cada sistema GNSS la estación de control maestra ajusta los parámetros de órbita de los satélites y los relojes de alta precisión incorporados cuando es necesario para mantener la precisión.

Las estaciones de monitoreo, generalmente instaladas en un área geográfica amplia, monitorean las señales y el estado de los satélites, y transmiten esta información a la estación de control principal. La estación de control maestra analiza las señales y luego transmite las correcciones de órbita y tiempo a los satélites a través de estaciones de carga de datos.

En resumen, el segmento control tiene por finalidad hacer el rastreo, el computo, la transmisión de datos y la supervisión necesaria para el control diario de todos los satélites de cada sistema, (figura 4.2).



Figura 4.2 Posición de las estaciones de seguimiento y la estación principal de control.

Fuente: (Earthmap: NASA; <http://visibleearth.nasa.gov/>).

El Segmento-Usuario está relacionado directamente con los instrumentos para la observación de datos de navegación satelital y debido a que nuevos receptores están siendo desarrollados constantemente, es inapropiado dedicar algún esfuerzo y darle mucho espacio en estas notas para describir algún receptor en particular. Indicado lo anterior, es conveniente proporcionar una documentación general de los aspectos técnicos de los receptores GNSS

4.2 Tipos de receptores GPS GNSS

Generalmente, se pueden distinguir entre receptores con tecnología de correlación de códigos de los receptores con tecnologías para encuadre de integración diferenciada de fases de ondas portadoras.

El equipo del usuario recibe las señales del satélite y dependiendo del tipo de receptor obtiene su posición en tiempo real para propósitos de navegación o su posición precisa pero estática para aplicaciones geodésicas por medio de observaciones satelitales durante un cierto tiempo.

Podemos considerar que los equipos de navegación con tecnología GNSS, se pueden clasificar en principio por el tipo de recepción de longitud de onda para el cual fueron diseñados, lo que permite clasificarlos de la siguiente manera:

4.2.1 Receptores de código C/A

Los Receptores de código C/A tienen una longitud de onda de aproximadamente de 300 metros, la cual resulta práctica, ya que esta longitud de onda puede pasar fácilmente a través de un bosque denso

debido a su gran tamaño. El problema radica en que, con esta longitud, la precisión obtenida es de alrededor de 2 a 5 metros, por lo cual no es suficiente para mediciones topográficas, (figura 4.3).



Figura 4.3 Navegador GNSS marca Garmin, modelo Etrex Touch 25

Fuente: <https://buy.garmin.com/es-MX/MX/p/156867.html#overview>

4.2.2 Receptores de Sistemas de Información Geográfico

Estos receptores también utilizan el código C/A que puede o no incrementar su precisión por el uso del código correspondiente de la constelación GLONASS y debido a esto, pueden alcanzar mediciones entre los rangos de 1 a 3 metros, como el receptor que se muestra en la figura 4.4.



Figura 4.4 Colector de datos GIS marca Spectra Preciso, modelo MM50

Fuente: <https://spectrageospatial.com/mobilemapper-50/?lang=es>

4.2.3 Receptores de banda L1

Estos receptores son conocidos como receptores geodésicos y tienen longitud de onda de 19cm, lo que permite obtener una precisión de alrededor 50 centímetros en tiempo real, sin embargo, este tipo de receptor tiene un problema, ya que debido a que su longitud de onda es muy pequeña, tiene dificultades para atravesar un denso bosque. Esto derivará en la dificultad para coleccionar datos a través de lugares con vegetación espesa, como la selva. Sin embargo, lo anterior no impide el uso de este tipo de receptor, pero la velocidad de trabajo es débil y quizás se deba tener en consideración colocar el equipo en espacios abiertos con buena vista al cielo para obtener una adecuada colecta de datos, (figura 4.5).



Figura 4.5 Sistema GPS L1 marca Spectra Preciso, modelo Epoch 10

Fuente: <https://spectrageospatial.com>

4.2.4 Receptores de banda L1 y L2

Estos receptores utilizan una longitud de onda L1 de 19 cm y la longitud de onda L2 de 24 cm, lo cual les permite captar datos con mayor facilidad, especialmente en condiciones con densa vegetación o en algunos casos en zonas urbanas con edificios de altura considerable. Este tipo de receptores permiten obtener posiciones menores a los 50 cm.

Es importante mencionar que este tipo de receptores tiene la capacidad de realizar el trabajo en el método RTK que por sus siglas en ingles “Conocimiento en Tiempo Real”, por lo que por medio del método diferencial con dos receptores, se podrá obtener una

corrección en el equipo móvil con precisiones de unos cuantos milímetros respecto a su base, como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6 Sistema GNSS L1, L2 marca Spectra Preciso, modelo SP60

Fuente: <https://spectrageospatial.com>

4.3 Uso del sistema GPS GNSS en Red RTK en Puebla

El modo estándar de posicionamiento diferencial preciso consiste en que un receptor de referencia esté ubicado en una estación base cuyas coordenadas se conocen, mientras que las coordenadas del segundo receptor se determinan con relación a este receptor de referencia. Este es el principio subyacente a las técnicas de GPS diferencial (o DGPS para abreviar), (figura 4.7).

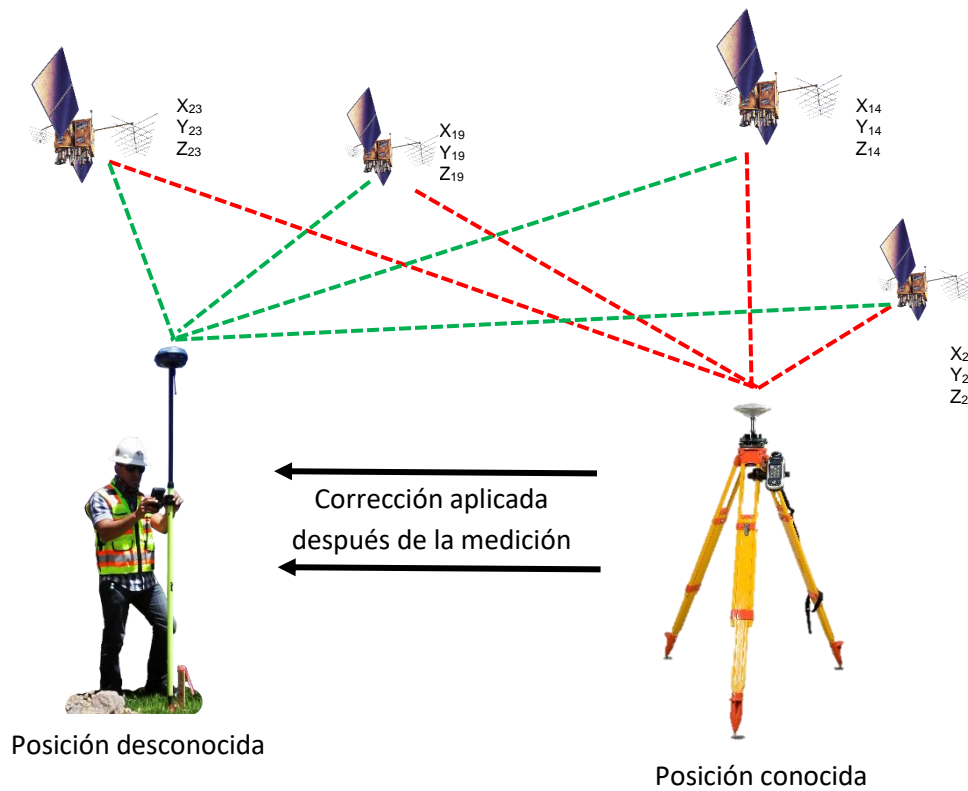


Figura 4.7 Medición Diferencial del Sistema de Posicionamiento Global (por sus siglas en inglés DGPS)

Fuente: Propia

4.3.1 Medición GPS GNSS en Tiempo Real

Para aplicaciones de alta precisión, se debe usar datos de fase de portadora, pero tiene un costo en términos de complejidad general del sistema porque las mediciones son ambiguas y requieren que los algoritmos de resolución de ambigüedad se incorporen como parte integral del software de procesamiento de datos. Dichas técnicas de alta precisión son el resultado de innovaciones progresivas que los

fabricantes de GPS han implementado en sus productos de gama alta denominados en "GPS topográfico profesional".

En la última década se han generado varios desarrollos significativos que se reflejan en un rendimiento de alta precisión y que también se encuentra disponible en tiempo real, es decir, en el sitio, inmediatamente después de la realización de las mediciones y después de que los datos del receptor de referencia hayan sido transmitidos al segundo receptor de campo para su procesamiento a través de algún tipo de enlace de comunicación de datos (por ejemplo, radio VHF o UHF, teléfono celular, subportadora de radio FM o enlace de comunicación satelital). Figura 4.8.

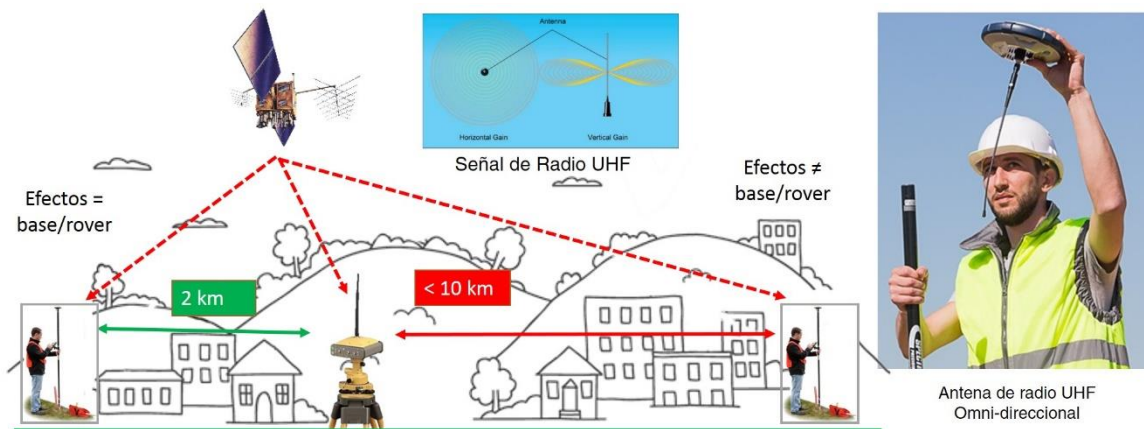


Figura 4.8 Medición Diferencial del Sistema de Posicionamiento Global con Conocimiento en Tiempo Real (por sus siglas en inglés GPS RTK)

Fuente: Propia y <https://spectrageospatial.com>

El posicionamiento preciso en tiempo real es incluso posible cuando el receptor GPS está en movimiento. Estos sistemas se conocen comúnmente como sistemas RTK por sus siglas en inglés (conocimiento en tiempo real) y hacen factible el uso de GPS-RTK para muchas aplicaciones de tiempo crítico tales como topografía de ingeniería, movimientos de tierras guiados por GPS, control de máquinas, fotogrametría, escaneado, batimetría con drones y en nuestro caso la aplicación de medición en sitio de hechos de tránsito terrestre, entre otras aplicaciones de navegación de alta precisión.

La limitación de sistema GPS por medio del método en RTK de base única es la distancia entre el receptor de referencia y el receptor móvil debido a los sesgos dependientes de la distancia, como el error de órbita y la refracción de la señal ionosférica y troposférica, además de las limitaciones de enlace entre la base portátil y el móvil por conexión de radio UHF, Wifi o Bluetooth, véase figura 4.9.

Esto ha restringido la distancia entre los receptores a unos pocos kilómetros que pueden redundar entre los 20 km o menos según las condiciones orográficas del área y la infraestructura de radiocomunicación con la que se cuente.

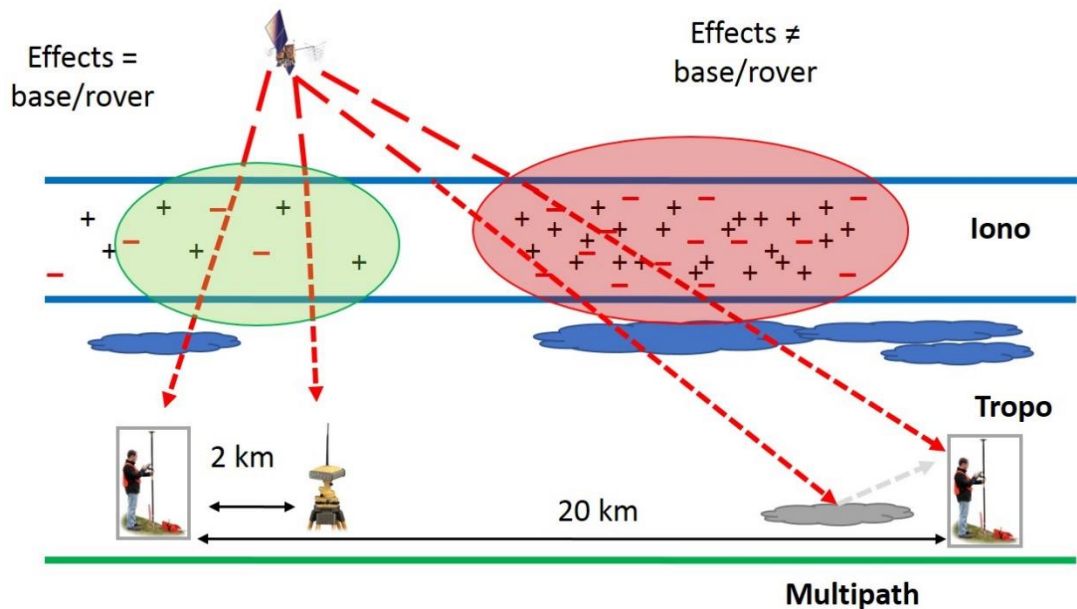


Figura 4.9 Errores en la medición GPS en la modalidad RTK, por ionosfera, troposfera y enlace de radio comunicación de corto alcance.

Fuente: Propia

Por otro lado, el GPS diferencial de área amplia (**Wide Area Differential GPS**) y el Sistema de aumento de área amplia por sus siglas en inglés (**Wide Area Augmentation System**), utilizan una red de estaciones maestras y monitores distribuidas en un área geográfica amplia, y debido a que los sesgos de medición pueden modelarse y corregirse, la precisión del posicionamiento será casi independiente de la distancia entre los receptores (o la longitud de la línea base). Sin embargo, estos son sistemas basados en pseudo rango diseñados para brindar precisiones a un nivel de navegación métrico, véase figura 4.10 y 4.11.

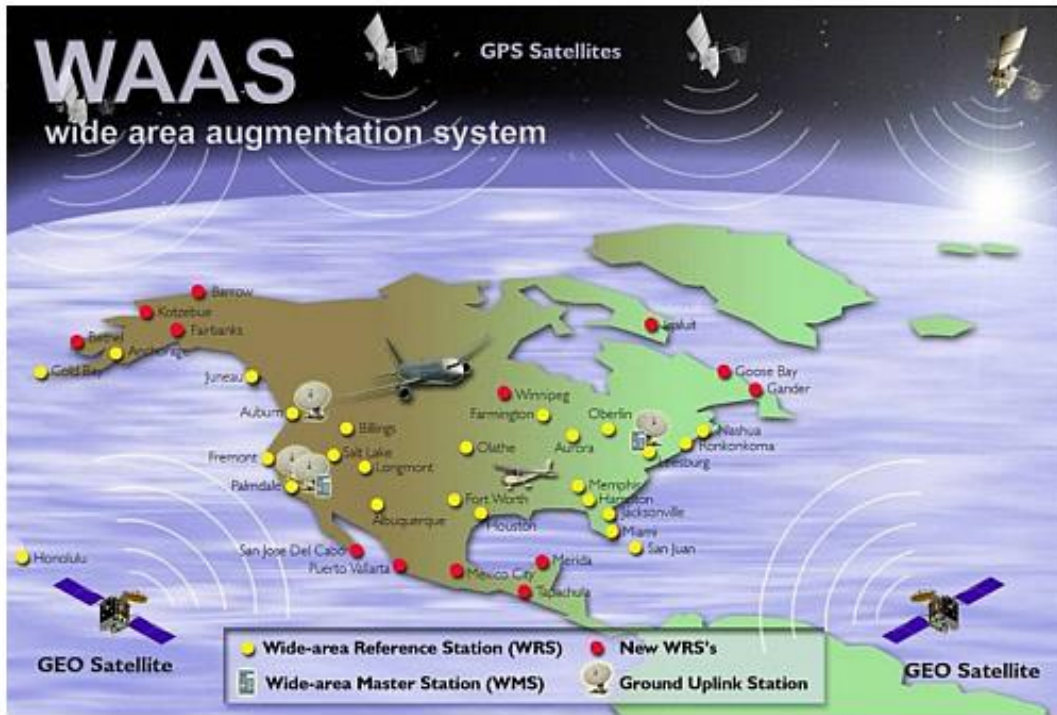


Figura 4.10 Sistema de aumento de área ampliada (WAAS).

Fuente: http://www.navcen.uscg.gov/cgsic/meetings/EISubcommittee/2006_presentations/08_MN_WAAS.ppt



Figura 4.11 Estaciones de referencia del sistema de aumento de área ampliada, ubicadas en Barrow, Alaska y Napa, California, en los Estados Unidos de Norteamérica.

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Wide_Area_Augmentation_System

4.3.2 Medición GPS GNSS en Tiempo Real con Network

Las estaciones de referencia que operan continuamente denominadas CORS por sus siglas en inglés se han desplegado globalmente para soportar aplicaciones geodésicas de muy alta precisión durante más de una década, donde los levantamientos GPS de nivel topográfico aprovechan estos desarrollos en geodesia y navegación global con el uso de las múltiples redes de estaciones de referencia implementadas como Redes de Trabajo con Conocimiento en Tiempo Real o denominadas Network RTK (figura 4.12).

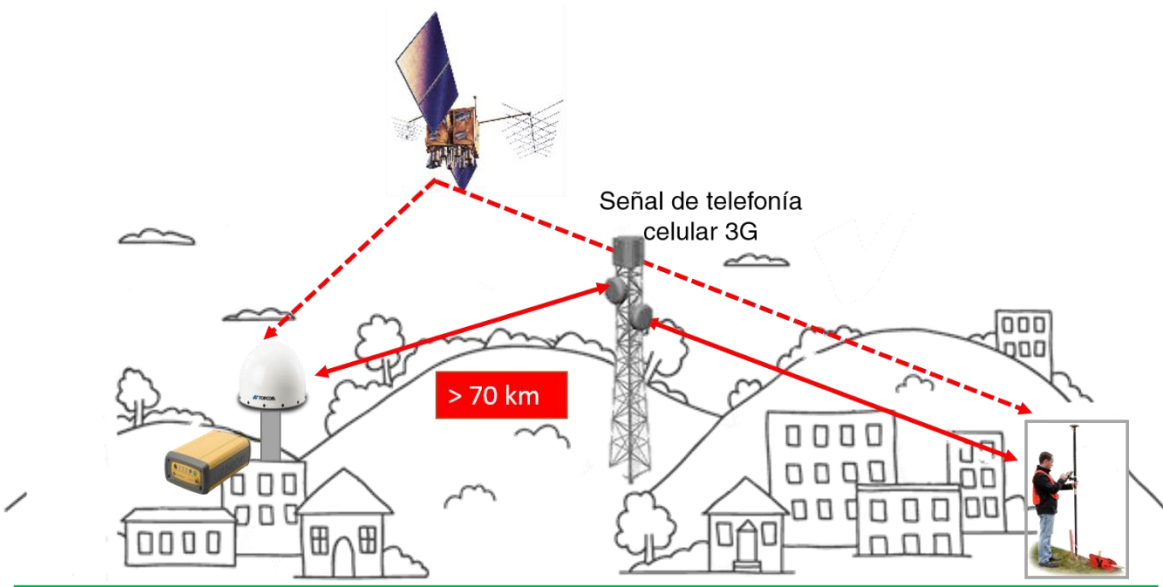


Figura 4.12 Medición GNSS en la modalidad RTK con enlace de radio comunicación de largo alcance, por servicio de conexión GSM, vía internet.

Fuente: Propia

Las Network RTK es una técnica de posicionamiento basada en fase portadora de precisión centimétrica en tiempo real, capaz de operar sobre distancias entre receptores de hasta decenas de kilómetros (considerada la distancia entre un receptor móvil y el receptor de estación de referencia más cercano) con un rendimiento equivalente al actual sistema de base única RTK (que operan en líneas base mucho más cortas). Por lo tanto, el sistema de RTK en red es el resultado lógico de la búsqueda continua de una técnica de posicionamiento GPS que desafía las limitaciones actuales de precisión de cm, con una alta productividad, en un posicionamiento basado en fase de portadora (figura 4.13).

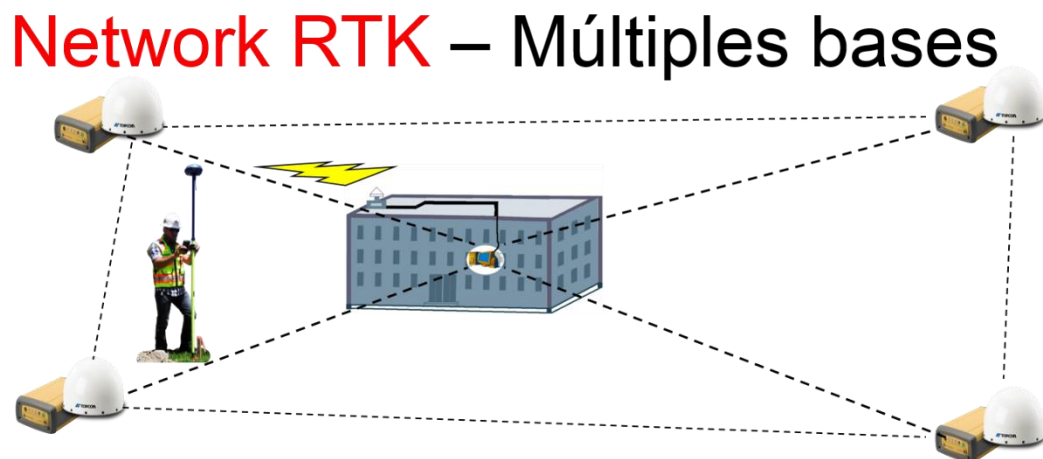


Figura 4.13 Medición GNSS en la modalidad RTK con múltiples estaciones de referencia fijas, con enlace de radio comunicación de largo alcance, por servicio de conexión GSM, vía internet en la modalidad NTRIP.

Fuente: Propia

En la actualidad, en el Estado de Puebla podemos disponer con el servicio de corrección de señal GPS en tiempo en el modo de red a partir de las estaciones de referencia de operación continua (CORS) instaladas en la zona metropolitana, el cual permite llevar acabo mediciones de alta precisión en sitio, conociendo instantáneamente su posición bajo un sistema de coordenadas estandarizadas conforme al marco de referencia local nacional normado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en México.

Lo anterior nos permite llevar acabo mediciones en sitio con tan solo un equipo de medición GNSS por medio de enlace de corrección diferencial en tiempo real por el medio de comunicación de telefonía celular, obteniendo así una posición precisa de tan solo unos cuantos milímetros.

Capítulo 5 Simulación de un estudio de medición topográfica - geodésica de un hecho de tránsito terrestre con el sistema GPS GNSS de la red de trabajo en tiempo real (RTN)

Como parte de esta investigación, se tomó en consideración llevar a cabo la medición de un hecho de tránsito terrestre simulado. Con la oportunidad que nos brindó la Academia de Seguridad Pública del Municipio de Puebla, en colaboración con el Lic. Omar Alvarado y Prof. Segundo Lindo, académicos de la institución, junto con el grupo de cadetes de la generación 2018.

El proceso de simulación del hecho de tránsito terrestre se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Academia ubicada en Boulevard del Gaseoducto S/N, con el uso del sistema de posicionamiento global, por el método de GPS GNSS RTN.

5.1 Selección de método de medición con equipo GNSS para el levantamiento de un hecho de tránsito terrestre simulado

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, existen diversos métodos de posicionamiento, sin embargo, para la realización de este trabajo de investigación, se procedió a utilizar el siguiente método, con el fin de resolver la medición de una simulación de un hecho de

tránsito terrestre que se llevó a cabo en las instalaciones de la Academia de Policía y Tránsito Municipal de la ciudad de Puebla.

El método que se utilizó de posicionamiento GNSS, es el de Network RTK con conexión NTRIP por medio de telefonía celular. El método NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol, que traducido al español podemos interpretarlo como: Red de Transporte de Formato RTCM a través del Protocolo de Internet) consiste en una técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP/1.1 (Hypertext Transfer Protocol versión 1.1) por medio del protocolo Internet (IP), con la cual se tiene acceso y mejorar el flujo de datos GNSS de estaciones de referencia GNSS fijas, que permiten tener una corrección del receptor móvil con rango de precisión de 1 pulgada en tiempo real.

5.1.1 Selección de equipo de medición

Para la medición de un levantamiento topográfico de un hecho de tránsito terrestre se requiere que se pueda llevar a cabo bajo diversas condiciones, tanto ambientales como de espacios físicos y debido a que existe una gran variedad de equipos disponibles en la actualidad, he considerado llevar acabo la selección del equipo de

campo disponible para este proceso con los siguientes componentes, como se muestra en la Figura 5.1.

- 1 Receptor GNSS modelo SP80
- 1 Colector de datos modelo T41
- 2 Baterías para receptor
- 1 Bracket para colector T41
- 1 Bastón de fibra de vidrio para receptor



Figura 5.1 Sistema GNSS L1, L2 marca Spectra Preciso, modelo SP80

Fuente: <https://spectrageospatial.com>

Para que este equipo tenga funcione con el sistema de corrección de red RTK es indispensable que se enlace a internet, por lo que este modelo en específico cuenta con un modem celular interno

con una ranura para ingresar una tarjeta SIM telefónica, la cual para fines de aplicación se utilizó el de la compañía de telefonía celular TELCEL de México, para enlazar el equipo móvil al servicio de corrección RTK NTRIP, del servicio de la empresa TOPCON, denominada TopNet Live Américas, por medio del proveedor en Puebla INCOTSTORE.

En la figura 5.2 se muestra donde se inserta la tarjeta SIM de celular en el receptor GNSS para llevar a cabo su enlace.



Figura 5.2 Inserción de tarjeta SIM telefónica en el Sistema GNSS L1, L2 marca Spectra Preciso, modelo SP80

Fuente: <https://spectrageospatial.com>

5.2 Instalación de vehículos para la fijación topográfica en la simulación de un hecho de tránsito terrestre.

Para llevar a cabo la prueba de medición de un hecho de tránsito terrestre, simulamos una colisión perpendicular de dos vehículos dentro de las instalaciones de la Academia de Seguridad Pública del Municipio de Puebla, ubicada en Boulevard del Gaseoducto S/N. Con apoyo de los directivos y académicos de la institución se colocó los vehículos como se muestran en la figura 5.3.



Figura 5.3 Instalación de vehículos para el levantamiento de hecho de tránsito terrestre

Fuente: Propia

Para este ejercicio de simulación, se utilizó dos vehículos, el primero consto de una camioneta doble cabina de la marca Ford, modelo Lobo, que pertenece a la institución de seguridad pública

municipal y un segundo vehículo de la marca Chevrolet, modelo Matiz, color rojo.

5.3 Preparación del sitio de simulación de un hecho de tránsito terrestre

Antes de iniciar con el procedimiento del levantamiento del hecho de tránsito terrestre, con ayuda de los cadetes de la Academia de Policía, se procedió con la protección y preservación del lugar del hecho, colocando 4 trafi-tambos de color naranja y el cinturón interno con cinta de preventiva, para acordonar la zona del hecho, donde se encontraba los indicios. Posteriormente colocamos otros 4 trafi-tambos naranjas para simular un segundo acordonamiento, el cual permite trabajar perimetralmente al resto del personal que asita al hecho, para fines de enseñanza, no se acordonó este último, (figura 5.4).



Figura 5.4 Acordonamiento de área para el levantamiento de hecho de tránsito terrestre simulado Fuente: Propia

Debidamente acordonado el sitio del hecho de tránsito, realizamos la observación del lugar de los hechos, permitiéndonos identificar las evidencias y a su vez colocar la señalización en piso con marcas de dirección para que el personal encargado del levantamiento, llevase a cabo las mediciones sin afectar la escena, como se muestra en la figura 5.5.



Figura 5.5 Observación y colocación de señalamiento para paso de personal para el levantamiento de hecho de tránsito terrestre simulado

Fuente: Propia

Para el correspondiente a la identificación de indicios y/o evidencias, únicamente consideramos los dos vehículos y simulamos un registro de poso de visita sin tapa al lado izquierdo delantero del vehículo rojo, como parte del ejercicio.

5.4 Procedimiento de instalación del equipo de medición para el levantamiento topográfico de la simulación de hecho de tránsito terrestre.

Referente a la instalación del equipo, se instalaron las baterías dentro del receptor como lo indica el manual del equipo, el cual cuenta con dos compartimentos debajo del receptor, uno para cada una de las baterías.

Cada batería cuenta con cuatro hendiduras, dos a cada lado. Estas permiten deslizar la batería hasta las lengüetas situadas en la parte inferior del compartimento, una vez que la batería está completamente insertada se activa un mecanismo de bloqueo que asegura la conexión eléctrica de la batería con el receptor, como se muestra en la figura 5.6.

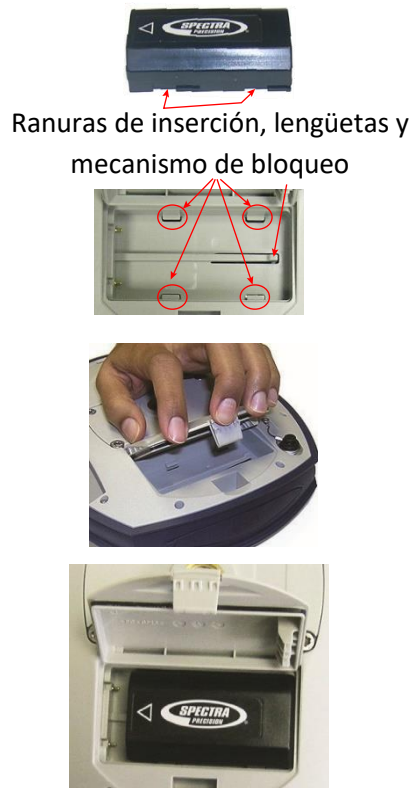


Figura 5.6 Detalle de instalación de baterías en receptor GNSS SP80 Spectra Precision en el sitio.

Fuente: Propia

Una vez colocadas las baterías, se instaló el receptor GNSS Spectra Precision SP80 sobre el bastón de aplomar de fibra de vidrio, roscándolo en este y se montó el colector de datos T41, como se muestra en la figura 5.7.



Figura 5.7 Instalación de receptor GNSS SP80 en el bastón de aplomar en sitio.

Fuente: Propia

Para llevar a cabo el enlace de datos de corrección entre el receptor móvil y la base remota, colocamos la tarjeta SIM de telefonía celular, de la compañía Telcel de México, y de esta modo poder utilizar el modem celular GSM interno del receptor para el enlace de comunicación entre el receptor base remoto y el equipo móvil, como se muestra en la figura 5.8.



Figura 5.8 Instalación de tarjeta SIM en el receptor GNSS SP80.

5.5 Inicialización y conexión del equipo GNSS a la Red RTK GNSS en Puebla




Una vez que se encuentra instalado el equipo en el bastón, procedimos a encender el equipo, donde, para realizar este paso, mantenemos presionado el botón de encendido  durante un par de segundos hasta que se ilumine la pantalla de bienvenida del panel, como se muestra en la figura 5.9.



Figura 5.9 Encendido del receptor GNSS SP80.

Fuente: Propia

Ya encendido el receptor, el LED de estado de la batería utilizada se ilumina en verde y el receptor se inicia automáticamente.

El siguiente paso es encender el colector de datos T41 con el botón lateral de color verde , para iniciar el programa que utilizaremos para el levantamiento del hecho de tránsito, mostrándonos la pantalla de inicio del colector y posteriormente se da click en el icono de Windows , ubicado en la parte inferior izquierda


de la pantalla, y para iniciar el programa de colecta de campo se da click en el icono , como se muestra en la figura 5.10



Figura 5.10 Encendido del colector de campo T41 he inicialización de software de campo CSI Mobile de la marca Carlson Software.

Fuente: Colector de datos T41

El software de campo Carlson CSI Mobile, es un software especializado para la colecta de datos, compatible con instrumentos de medición como estaciones totales y receptores GNSS de diversas marcas, el cual está diseñado especialmente con un ambiente gráfico, fácil de manejar, bajo la plataforma del sistema operativo de Windows, el cual contempla una extensa biblioteca de marcas y modelos de automóviles, que permite dibujar los vehículos con las medidas reales, al mismo tiempo que se toman los datos de campo como se mostrara en el siguiente apartado, (figura 5.11).

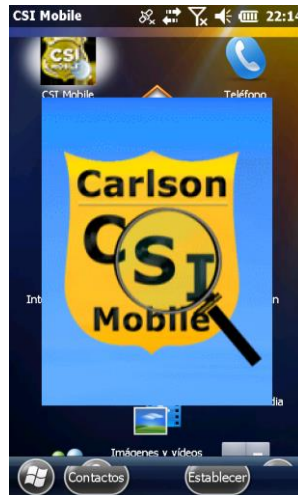


Figura 5.11 Pantalla de inicialización del software de campo CSI Mobile de la marca Carlson Software

Fuente: Colector de datos T41

Ya inicializado el software de campo en el colector, generaremos la configuración del trabajo sobre el cual se guarda la información obtenida, por lo que, cada vez que se inicie, nos proporcionara 3 opciones de trabajo y una cuarta opción para salir del software, por lo cual, daremos click en Crear un Nuevo Trabajo (Create New Job). Imagen 5.12.

Posteriormente, se desplegará en pantalla la opción de colocar un nombre a nuestro nuevo trabajo. En este ejercicio, los instructores de la Academia de Policía, nos sugirió colocar el nombre clave tipo que se utiliza al momento de que ellos asisten a un evento de este tipo, el cual lo van designado, anteponiendo la letra G con un número

consecutivo, dándonos como ejemplo la denominación de “G20”, (figura 5.12).

En secuencia, el software indicara dos opciones, la primera es que el colector de campo se conecte con el último dispositivo y la segunda opción es continuar sin conexión de un dispositivo, el cual se refiere a la conexión con una estación total o con un receptor GNSS, para este caso se da click en la segunda opción para generar la configuración de conexión con nuestro receptor GNSS, (figura 5.12).

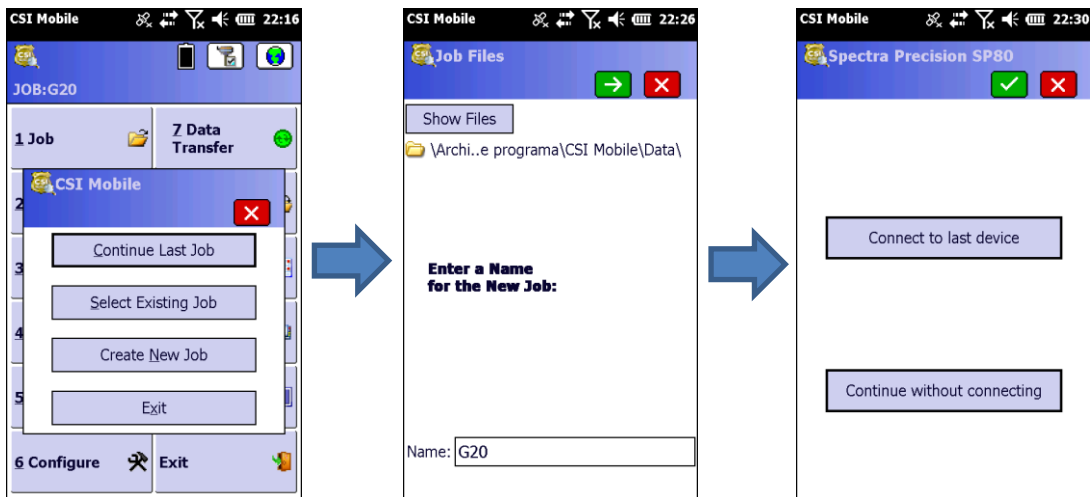


Figura 5.12 Pantalla de Creación de un nuevo trabajo en el software de campo

CSI Mobile de la marca Carlson Software

Fuente: Software CSI Mobile

Una vez hecho lo anterior, el software nos proporcionara el menú de la pantalla principal, donde encontraremos un listado de iconos que

nos indican las siguientes funciones, como se muestra en la tabla de la figura 5.13.

 1 Job Creación de trabajo	 7 Data Transfer Transferencia de Datos
 2 Job Settings Configuración de trabajo	 8 Import/Export Importar y Exportar
 3 Store Points Grabado de Puntos	 9 Localization Localización
 4 Stake Points Replanteo de Puntos	 0 Feature Code List Lista de Códigos
 5 Points Puntos	 About CSI Mobile Acerca de CSI Mobile
 6 Configure Configuración	 Exit Salir

Figura 5.13 Tabla de iconos del menú principal del software de campo CSI Mobile de la marca Carlson Software
 Fuente: Software CSI Mobile

En esta pantalla daremos click en el icono de Localización



y configuraremos los parámetros de proyección para la zona cartográfica en la que nos encontremos, la cual para este caso se utilizaremos la predefinida en la proyección cartográfica UTM, con el datum global WGS84 y en la zona 14 Norte que corresponde a la Cd de Puebla, como se muestra en siguiente secuencia de pantallas de la figura 5.14.

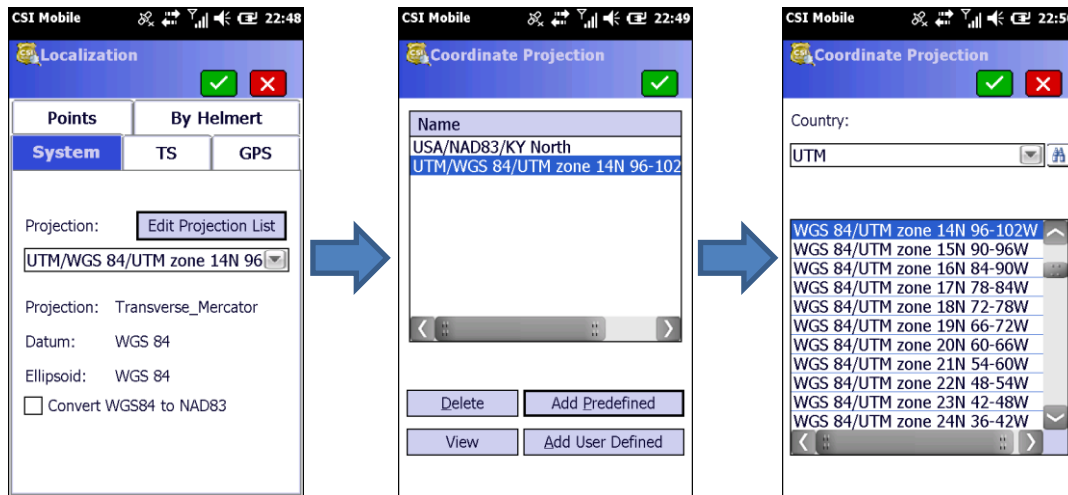




Figura 5.14 Secuencia de configuración de parámetros en el menú de Localización del software de campo CSI Mobile de la marca Carlson Software

Fuente: Software CSI Mobile

Definido el sistema de proyección cartográfico, bajo el cual se llevará a cabo la medición, se pasa a la configuración del receptor, en el cual se le dará click en el icono de configuración , y mostrará la pantalla de configuración general, vista y tolerancias, en este se deja por default y daremos click en el icono de equipos , para que muestre la configuración del equipo móvil a utilizar, en el cual se selecciona la marca y modelo del equipo móvil, para que a continuación se configuran los parámetros de este, comenzando por los parámetros de comunicación, el cual se conectará por vía bluetooth.

También se configura los parámetros del receptor, como la altura de la antena, ángulo de elevación de la máscara, y aquellos que tenga disponible el receptor. Para finalizar, se configura los parámetros de enlace con la red telefónica como su APN (Nombre de Punto de Acceso por sus siglas en inglés), usuario y contraseña, obteniendo así, conexión de enlace de datos por internet móvil en tiempo real y utilizando la red disponible en Puebla GNSS RTN, que pertenece a la denominada TopNet Puebla, adquirida con el proveedor de TOPCON en Puebla, se colocan los parámetros de conexión, para enlace por el método NTRIP, que corresponden a la siguiente información:

- ✓ Nombre de la red
- ✓ Dirección de enlace
- ✓ Puerto de enlace
- ✓ Usuario
- ✓ Contraseña de usuario
- ✓ Punto de montaje

A continuación, en la figura 5.15, se muestra el proceso de configuración con el receptor de campo de la marca Spectra Precision, modelo SP80 por conexión bluetooth.

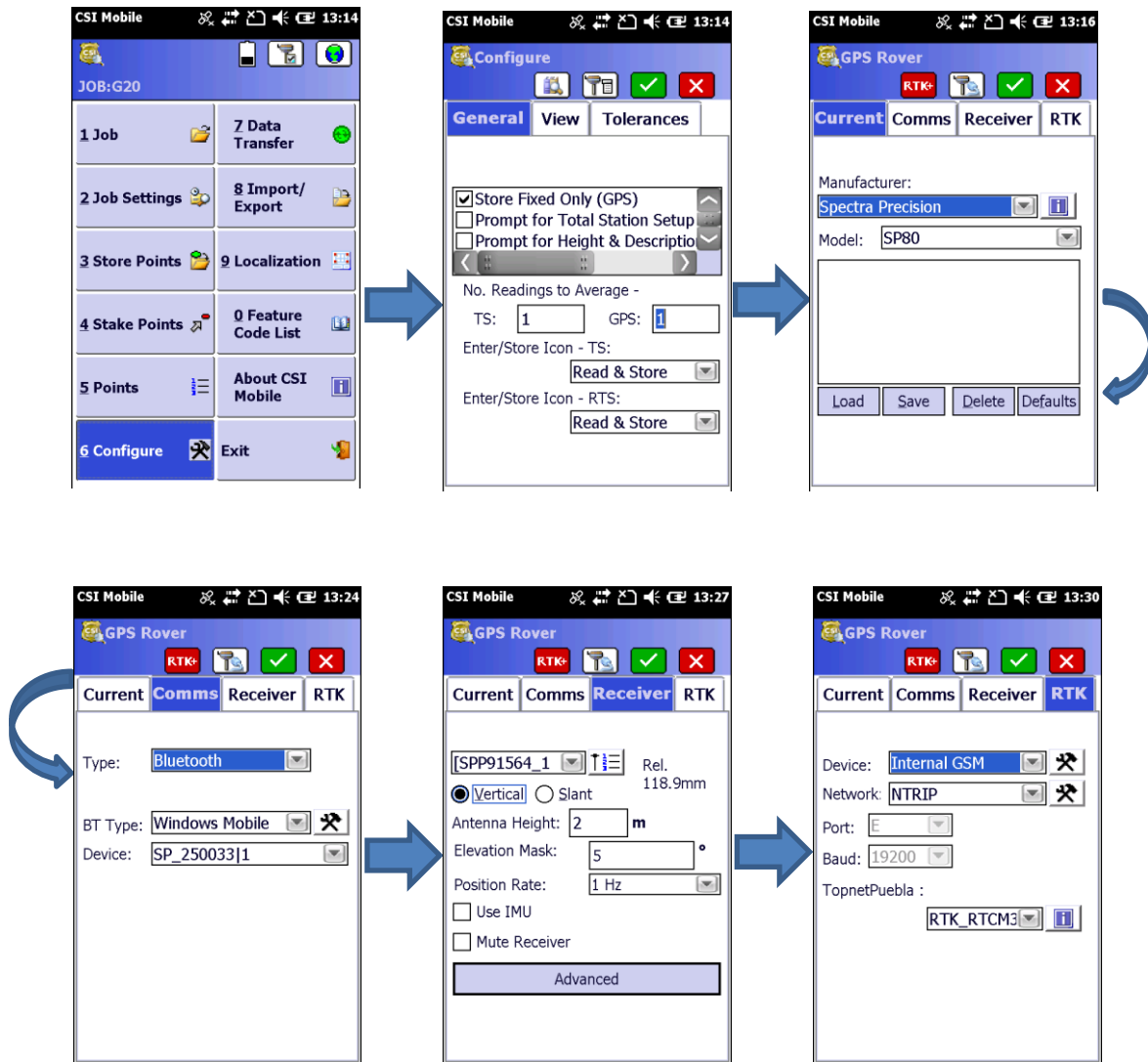


Figura 5.15 Secuencia de configuración de receptor GNSS SP80 en el menú de Configuración del software de campo CSI Mobile de la marca Carlson Software

Fuente: Software CSI Mobile

Conectado el receptor GNSS SP80, se da click en el icono de aceptar y el equipo comenzara la inicialización de conexión con el servicio de red GNSS para obtener datos corregidos de posición, para posteriormente envié a la página captura de datos, como se muestra en la figura 5.16.




Figura 5.16 Secuencia de inicialización y conexión del receptor GNSS SP80 a la red GNSS RTK de Puebla.

Fuente: Software CSI Mobile

5.6 Colecta de datos de las evidencias de la simulación del hecho de tránsito terrestre con el equipo GPS GNSS conectado en Red RTK en Puebla

En este apartado se lleva a cabo la colecta de datos de las evidencias de la simulación del hecho de tránsito terrestre con el equipo GNSS una vez conectado el receptor a la red GNSS RTK en Puebla.

Terminada la configuración, el software CSI Mobile nos envía en automático a la página de menú, en donde se le da click en el icono

de Grabado de Puntos  y enviara la pantalla de captura de datos, como se muestra en la figura 5.17.

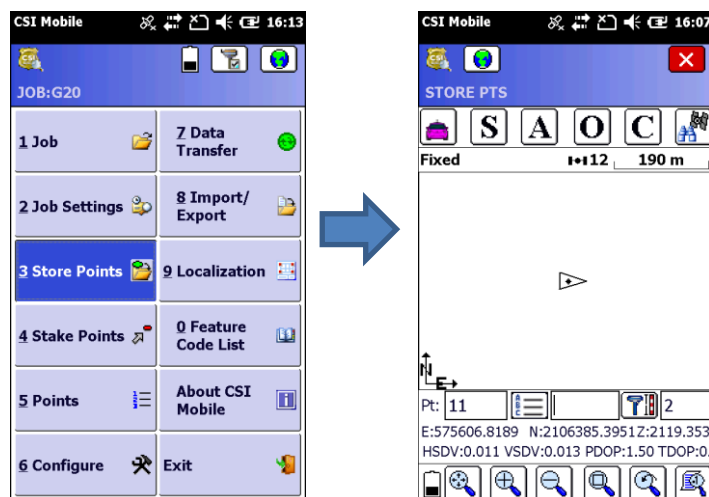


Figura 5.17 Inicialización de captura de datos con el receptor GNSS SP80 enlazado a la red GNSS RTK de Puebla.

Fuente: Software CSI Mobile

En la pantalla de grabado de puntos se tendrán los iconos de grabado y zoom de gráficos para su uso en el proceso de captura de datos como se muestra en la tabla 5.18.













ICONO DE CAPTURA	ICONOS DE ZOOM
 Selección de vehículo	 Zoom de extensión
 Grabado de Punto	 Aumento de Zoom
 Grabado Automático de Punto	 Disminución de Zoom
 Punto Proyectado	 Encuadre de Zoom
 Configuración	 Regresa Zoom anterior
 Vista de Estado	 Búsqueda de Punto

Tabla 5.18 Descripción general de iconos en pantalla de captura de datos en software de campo CSI Mobile.

Fuente: Software CSI Mobile

5.7 Fijación de la posición de vehículos e indicios con el equipo GNSS

SP80 conectado a la Red GNSS RTK de Puebla vía NTRIP


Con el sistema de posicionamiento GNSS por el método NTRIP, con enlace de conexión a la red GNSS RTK en Puebla, se realizó la colecta de datos de campo del hecho de tránsito terrestre simulado, fijando la última posición de los vehículos e indicios, para su posterior procesamiento y representación gráfica.

De acuerdo lo anterior, fijaremos como parte primordial, la posición final de los vehículos que utilizamos para la simulación del hecho de tránsito terrestre, comenzando en este caso por el vehículo rojo, en donde se sitúa el equipo GNSS con el bastón nivelado en uno de los vértices que solicite el software de campo y que a su vez, sea posible instalarlo en éste, como se muestra en la secuencia de la figura 5.19.



Figura 5.19 Secuencia de proceso de posicionamiento del equipo GNSS para la medición de uno de los vértices del vehículo.

Fuente: Propia.

Una vez colocado el equipo, en la página de captura de puntos se da click en el icono de vehículo , donde mostrara dos opciones, la primera es la selección de vehículo dañado y la segunda sin daños, para este caso se selecciona la primera opción y a continuación desplegara la opción de selección de tipo de vehículo, donde se puede seleccionar la del auto genérico y a continuación mostrará la opción del símbolo del vehículo para que se pueda configurar el color del vehículo, la vista del vehículo y la dirección del vehículo, como se muestra en la figura 5.20.

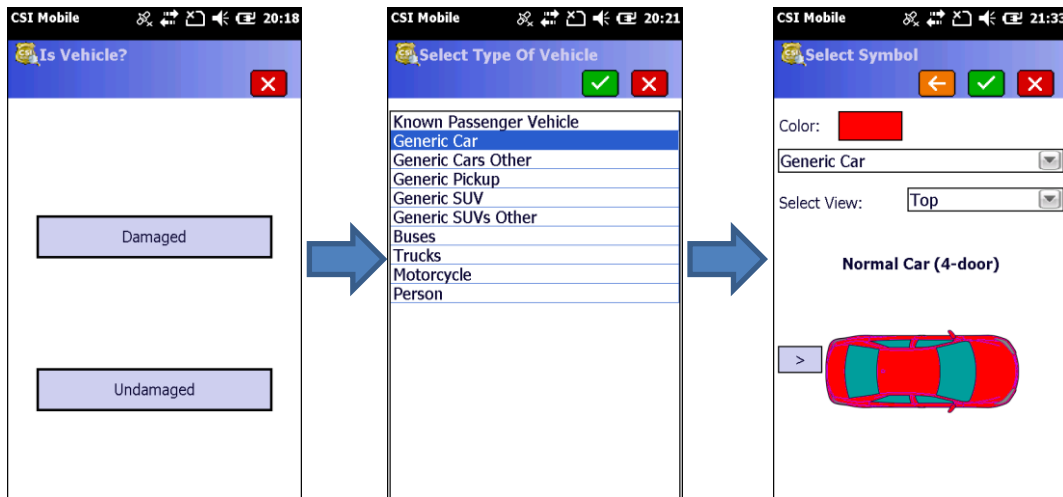


Figura 5.20 Secuencia de selección de vehículo para la medición de vértices.

Fuente: Software CSI Mobile

Estando seleccionado el vehículo se da click en aceptar y a continuación el software solicitará el vértice sobre el cual estamos posicionados respecto al vehículo, para indicar en el software la ubicación física sobre el target del gráfico el cual se selecciona para su medición. Para el caso de vehículos como autos, camionetas o camiones (Figura 5.21), solicitará que se mida cuando menos 3 vértices para establecer un dimensionamiento gráfico del mismo y para motocicletas y personas solo con dos de sus vértices.



Figura 5.21 Medición de tres vértices del segundo vehículo involucrado en la simulación del hecho de tránsito terrestre.

Fuente: Propia.

Una vez que se tiene medido los tres vértices que solicita el software, se generará el grafico del vehículo en nuestro trabajo, al momento de dar por finalizado la medición de este, de manera automática y para el caso del segundo vehículo involucrado se hace el mismo procedimiento, midiendo en este caso la posición de los ejes de ruedas de cada uno de los vehículos, tal como se muestra en la figura 5.22.

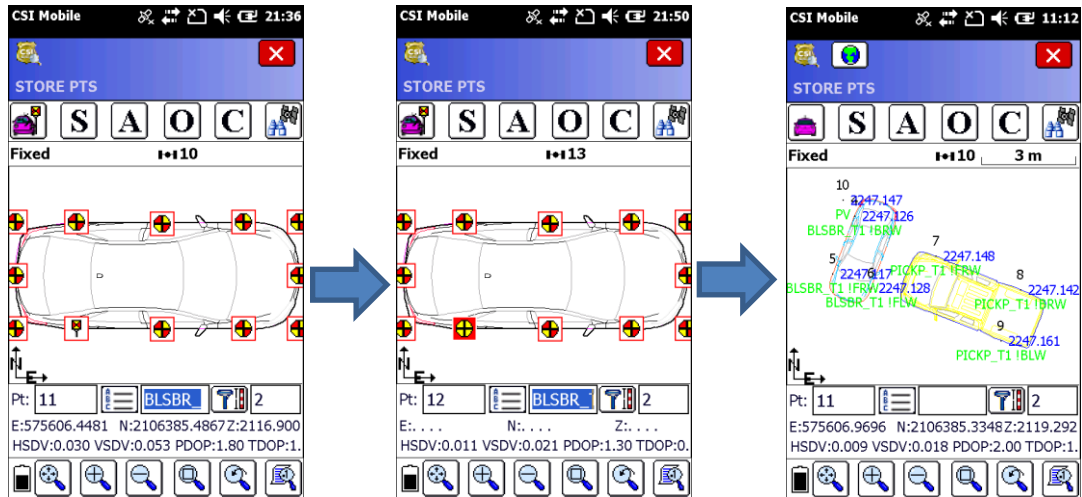


Figura 5.22 Secuencia de fijación de posición de vehículos a partir de medir 3 vértices.

Fuente: Software CSI Mobile

Durante el proceso de medición se decidió tomar a manera de simulación como indicio la posición de un de pozo de vista sin tapa, al costado derecho posterior del vehículo rojo, como se muestra en la figura 5.23 y 5.24.



Figura 5.23 Fijación de posición en la simulación de un pozo de visita destapado cercano al vehículo involucrado.

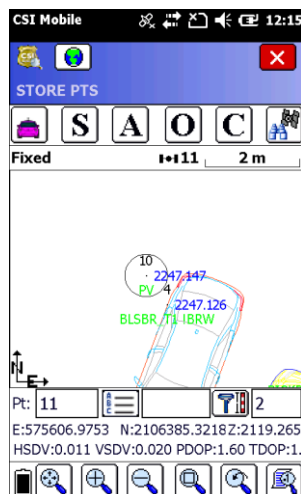


Figura 5.24 Fijación de pozo de visita simulado, junto al vehículo rojo.

Fuente: Software CSI Mobile

Otro aspecto que se decidió realizar como parte de la medición fue la medición de dos puntos de control como línea base, cercana al hecho de tránsito y posicionada con la nomenclatura “PR” como Punto de Referencia y “Aux” Auxiliar, con el fin de que esta sirva como comprobación y en caso de ser necesario regresar al sitio y se puedan realizar más mediciones a partir de esta, ya sea con el mismo sistema o con otros instrumentos de medición, como se muestra en la figura 5.25.

Se hace mención que durante el proceso de la colecta de datos, es posible dibujar algunos elementos básicos, como lo es el de la línea de referencia, con la finalidad de que al finalizar el trabajo de colecta de datos se tenga la mayor cantidad posible de información previamente dibujada en sitio y así sea posible la exportación de la

información gráfica, para que a su vez quien realice el manejo de esta información le sea sencillo la interpretación de datos al momento de realizar el análisis gráfico y número del trabajo de campo.

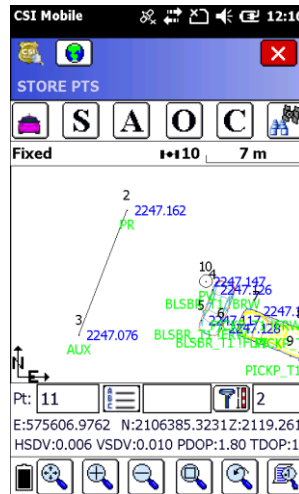


Figura 5.25 Fijación de dos puntos de control como línea base, para comprobación o futuras mediciones en sitio.

Fuente: Software CSI Mobile

5.8 Finalización de la colecta de datos con el equipo GPS GNSS conectado en Red RTK en Puebla

De acuerdo al inciso anterior se fijaron espacialmente la posición de los vehículos, indicio y línea de referencia, por lo que solo resta terminar la colecta de datos geoespaciales del hecho de tránsito terrestre.

Para dar por terminado el trabajo de campo, se le da click en el icono de salir del programa como se muestra en la figura 5.26, para

posteriormente apagar el colector y el receptor de campo GNSS, así como desmontar y guardar el equipo dentro de su estuche de transportación.



Figura 5.26 Salir del programa de campo CSI Mobile.


Fuente: Software CSI Mobile

Capítulo 6 Procesamiento, evaluación y representación gráfica del levantamiento de un hecho de tránsito terrestre simulado

En este último capítulo, se procesará, evaluará y representará la información gráfica del levantamiento del hecho de tránsito terrestre simulado, para su visualización gráfica geoespacial.

6.1 Procesamiento de los datos colectados con el equipo GPS GNSS

Para el procesamiento de los datos colectados, se generaron los archivos de trabajo, los cuales contendrán la información del estudio de medición, exportándola dentro del colector de datos.

Una vez hecho lo anterior, se va a la función de mapa dentro del software de campo CSI Mobile, en el icono , donde enviara a la pantalla de gráfico y mostrará el menú de opciones, a su vez se da click en Archivo>.dxf/dwg/.dgn>Exportar.dxf y solicitara que se le asigne el nombre con el cual exportaremos el archivo o en su defecto mostrara el nombre que por default genera el software para su exportación, en el formato que se haya seleccionado, tal como se muestra a continuación en la secuencia de captura de pantalla del colector de la figura 6.1.

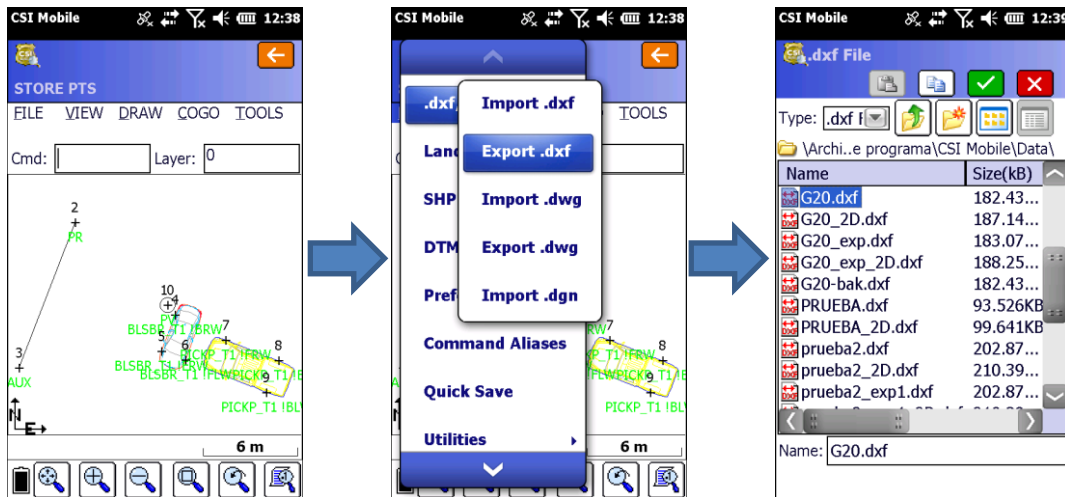


Figura 6.1 Exportación de archivo gráfico en formato DXF.

Fuente: Software CSI Mobile

También se realizó la exportación de la información colectada en el formato de SHP, el cual es un formato de archivo vectorial de almacenamiento digital, donde se almacenan los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos, con los cuales fue elaborado el trabajo de campo. Recordemos que, durante la configuración del trabajo, se indicaron los parámetros cartográficos con los cuales se realizó la medición de campo. (ver figura 5.14).

Para este proceso, se dio click en Archivo>SHP File>Exportar SHP File y solicitara que se asigne el nombre con el cual se exportara el archivo o en su defecto nos mostrara el nombre que por default genera, como se muestra en la figura 6.2.



Figura 6.2 Exportación de archivo gráfico en formato SHP.

Fuente: Software CSI Mobile

Por último, se exportará el listado de puntos que se midieron, en formato de texto. con la extensión *.TXT, como parte de la información obtenida en campo de manera numérica.

Para este proceso, se da click en Archivo>SHP File>ASCII w GIS y solicitara que le asignemos el nuevo nombre del archivo con el cual

lo exportará o en su defecto mostrara el nombre que por default genera y se le da click en el icono de aceptar para finalizar la exportación, como se muestra en la figura 6.3.

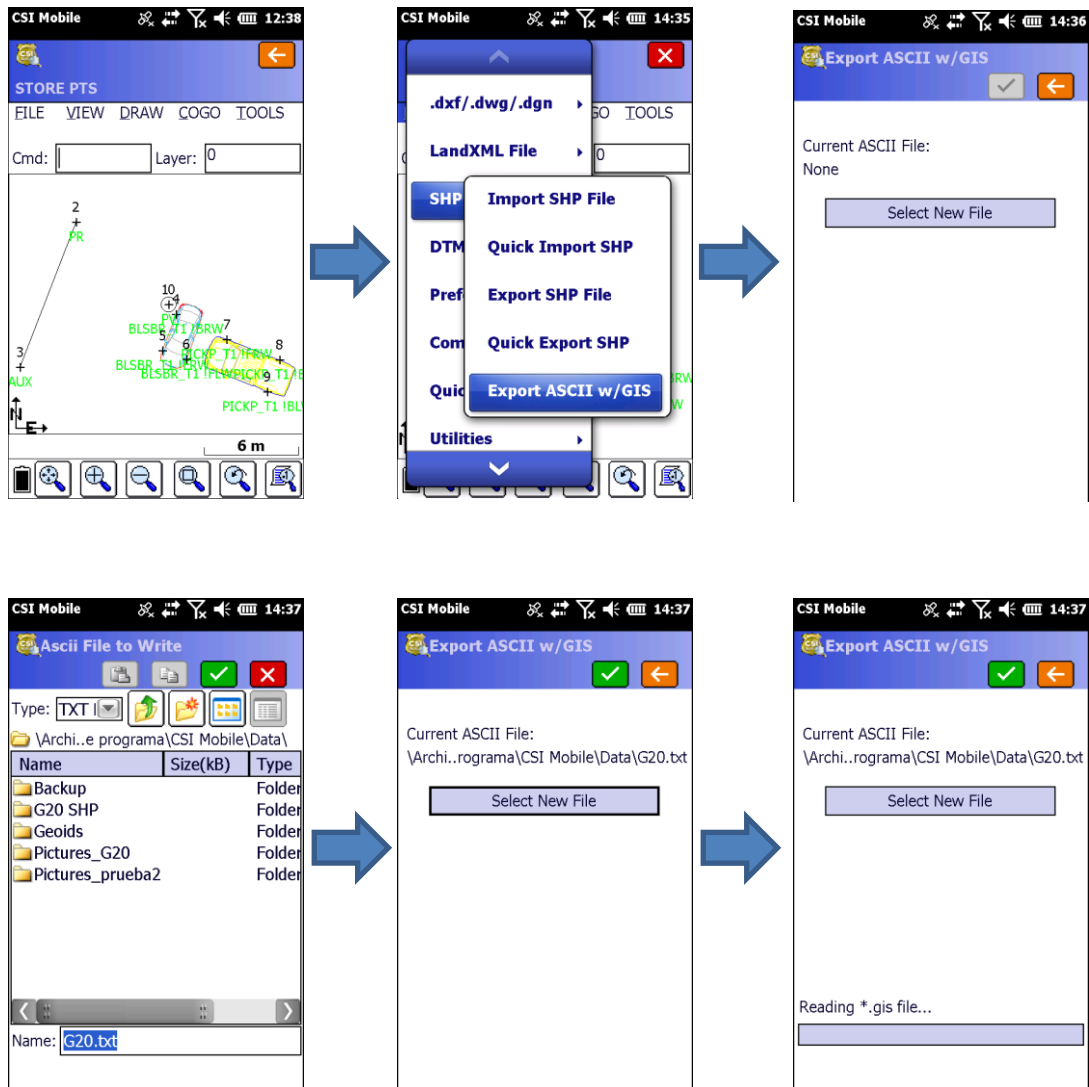


Figura 6.3 Exportación de archivo gráfico en formato TXT.

Fuente: Software CSI Mobile

La ruta del archivo que por default se genera es en T41\\Archivos de programa\CSI Mobile\Data, donde queda exportada

la información, en esta se puede ir creando una carpeta en específico para cada trabajo, con la finalidad de administrar todos los archivos relacionados al trabajo creado y no se tenga que mezclarlos, con los que se vayan generando de cada uno de los trabajos.

En este último paso, lo único que resta es transferir los archivos exportados del colector de datos a la computadora, para continuar con su procesamiento en el software de PC.

El colector de datos da diversas opciones de poder transferir los archivos, puede ser enviando por correo electrónico desde el colector a una dirección definida, por medio de conexión Bluetooth o por conexión por cable desde el colector al ordenador, reconociendo a la unidad como un dispositivo de Windows Mobile, como se muestra en la figura 6.4.



Figura 6.4 Conexión de Colector de campo T41 como dispositivo de Windows Mobile.

6.2 Importación de datos espaciales a software de diseño asistido por computadora CAD.

Dado que el software de campo proporciona diversos formatos de exportación del trabajo, se puede realizar una exportación de este en formato *.dwg, *.dng o *.dxf, lo que permita abrir directamente el archivo en un software de diseño CAD, para este proceso, se utilizó el software de Autocad versión 2013 de la compañía de Autodesk con el fin de ejemplificar la información obtenida en campo, como se muestra en la figura 6.5

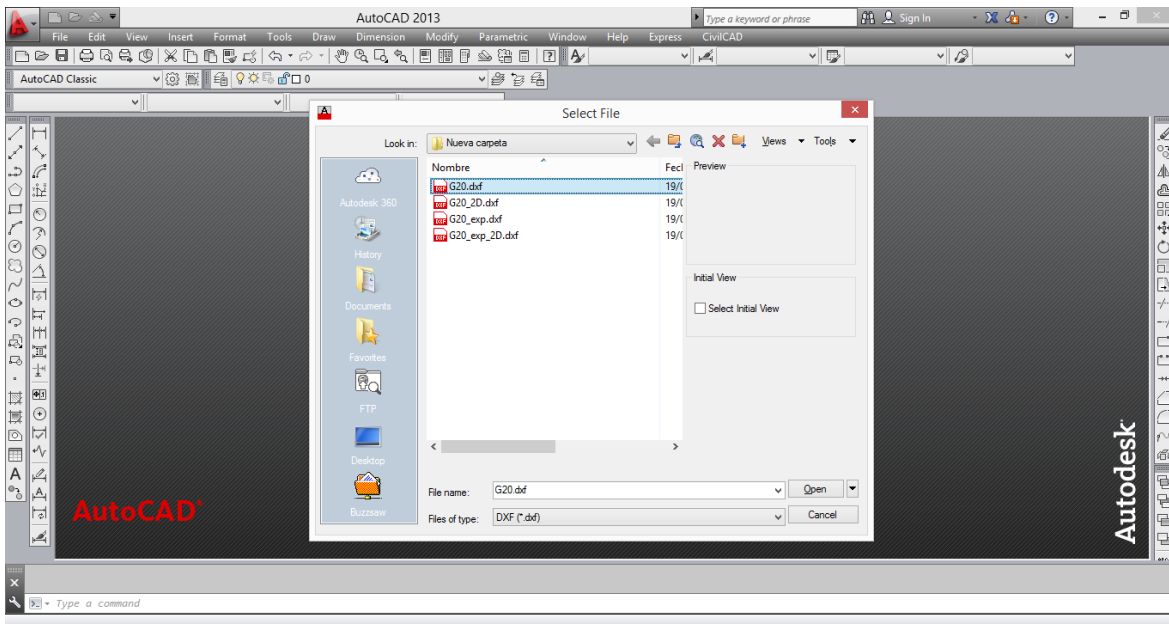


Figura 6.5 Apertura de archivo de campo G20.dxf, en el software Autocad.

Fuente: Autocad 2013.

Una vez que se ha abierto el archivo de la colecta de datos, se puede visualizar la información gráficamente, la cual, según las

preferencias que se hayan designado en el proceso de exportación, nos serán presentadas, como lo son:

- Puntos exportados como blocks
- Inclusión de símbolos
- Guardado de atributos de puntos GIS como blocks
- Guardado de atributos de líneas GIS como blocks
- Guardado de etiquetas de puntos en Layers separados

Por mencionar algunos de los diferentes elementos que componen al archivo procesado al momento de la exportación, como se muestra en la figura 6.6, donde se aprecia prácticamente los elementos medidos con el dibujo generado en campo.

Es posible que al momento de la apertura del archivo de campo en formato dxf, sea necesario ajustar la escala del texto en block para una mejor visualización de los datos como el nombre, elevación y descripción del punto medio en campo, por lo que se recomienda se ajuste a consideración del usuario y visualización a escala para su posible impresión en plano.

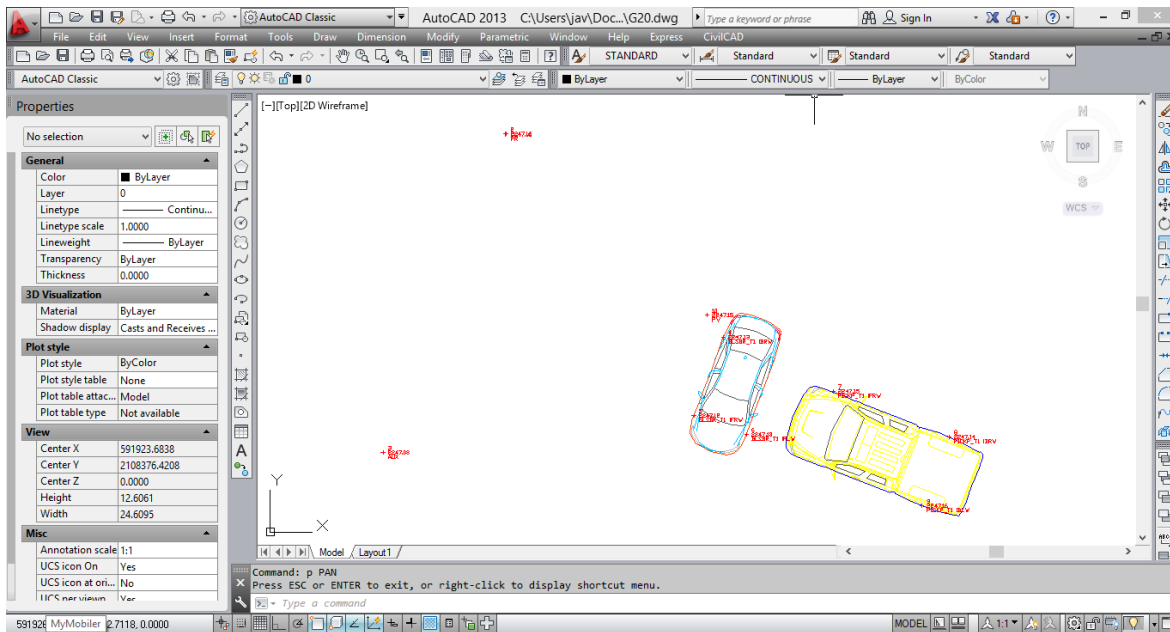


Figura 6.6 Archivo de campo G20.dxf, con vista en el software Autocad.

Fuente: Autocad 2013.

Una vez que se tiene el archivo en autocad, se puede llevar a cabo su análisis de la información, para identificar los factores que pudiesen haber intervenido y generado las causas de este hecho.

6.3 Elaboración del plano del levantamiento del hecho de tránsito terrestre con software CAD

Para la elaboración del plano se puede tomar como base la integración de los elementos presentados como propuesta de croquis o bosquejo topográfico, en cuanto a los principales elementos que lo componen y añadir algunos otros que nos pudiesen servir como referencia al momento de la interpretación de la información.

Para la generación de la tabla de medidas podemos generarla a partir de los datos numéricos exportados en código ASCII, clasificando únicamente los puntos de evidencias e indicios obtenidos del levantamiento del hecho de tránsito. Para este ejemplo se utilizaron los del hecho de tránsito terrestre simulado y a su vez se realiza la operación de darle formato de tabla en el software Excel, (figura 6.7), para posteriormente copiar estos valores y pegarlos en Autocad como entidad del mismo, desde el comando de pegado especial.

PUNTO DE REFERENCIA [PR]				
TABLA DE COORDENADAS				
No.	Norte	Este	Altura	Descripción
2	2108381.628	591918.333	2247.162	PR
3	2108372.698	591914.887	2247.076	AUX
4	2108375.936	591924.441	2247.126	BLSBR_T1 BRW
5	2108373.734	591923.613	2247.117	BLSBR_T1 FRW
6	2108373.202	591925.088	2247.128	BLSBR_T1 FLW
7	2108374.415	591927.528	2247.148	PICKP_T1 FRW
8	2108373.138	591930.774	2247.142	PICKP_T1 BRW
9	2108371.199	591930.017	2247.161	PICKP_T1 BLW
10	2108376.546	591923.992	2247.147	PV

Figura 6.7 Archivo de campo G20.txt, con vista en el software Excel.

Con lo anterior se plasma en un formato de plano los elementos que competen al informe del hecho como se muestra en el plano de la figura 6.8.

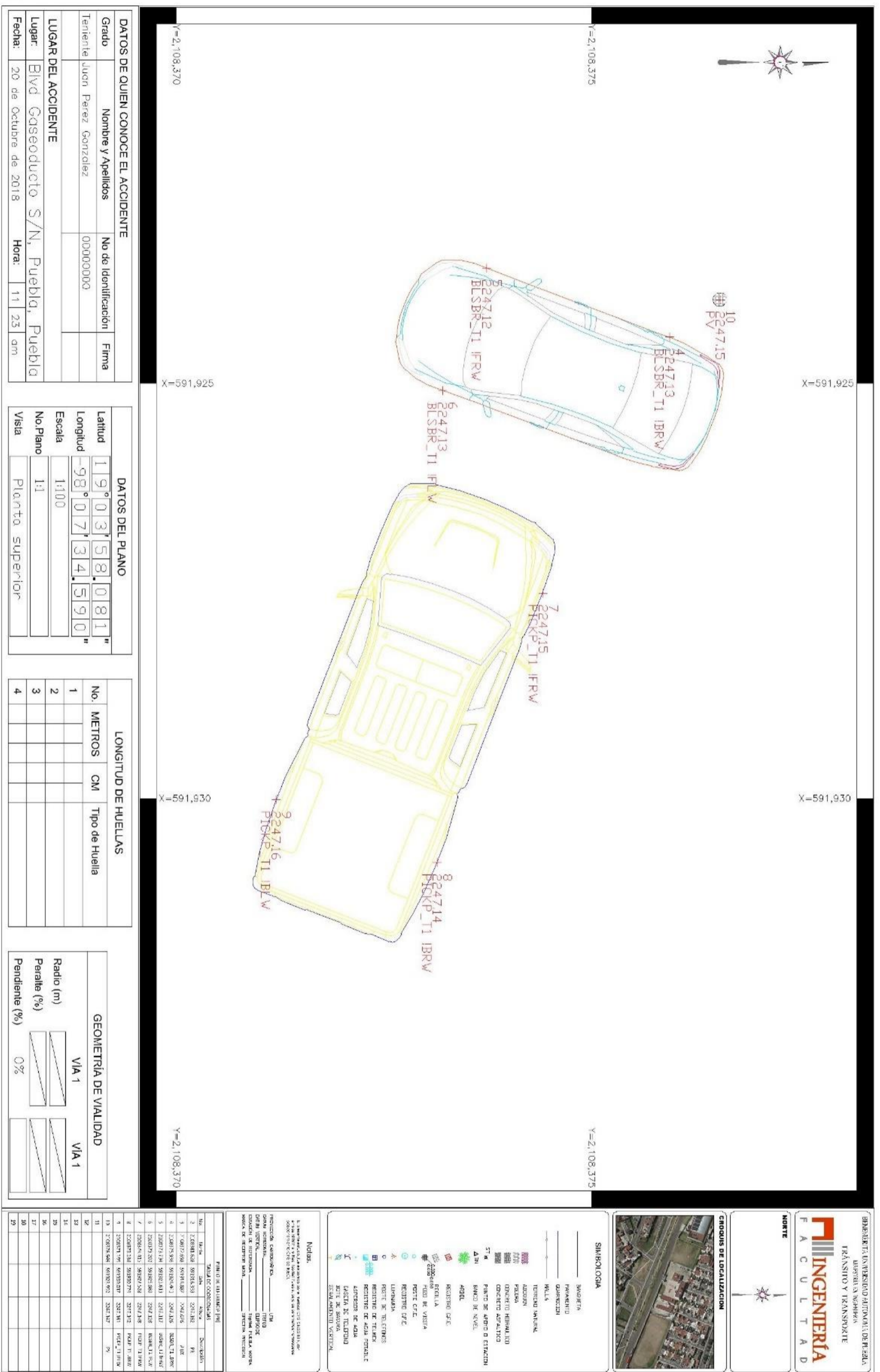


Figura 6.8 Plano de levantamiento del hecho de tránsito terrestre simulado.

El plano anterior es una propuesta de los elementos básicos que deben de contener estos elementos para el caso de tener que utilizar la información como caso particular, ya sea parte de un peritaje o auditoria vial.

Este plano representa tanto los elementos gráficos, como los elementos numéricos que se pueden coleccionar en campo con un sistema de posicionamiento global, bajo la metodología mencionada en los capítulos anteriores.

6.4 Importación y manejo de archivos geoespaciales Shape File en software libre (Google Earth Pro).

Sin duda alguna la información presentada en el inciso anterior se convierte en un elemento valioso al momento de analizar el hecho de tránsito terrestre de manera gráfica y numérica al momento de la reconstrucción de los hechos, ya sea de manera manual o por medio del uso de otro software especializado para el modelado.

Por otro lado, existe la necesidad de generar una base de datos, con la cual podamos consultar esta información de manera estandarizada y fácil de manejar en cualquier tipo de software de oficina, para su análisis puntual o global, por lo que se requiere el uso

de software de sistemas de información geográfico, en el cual podemos generar análisis en el espacio tiempo.

Para ejemplo de uso de esta información, se utilizó los archivos de aspecto GIS, en software libre como lo es el de Google Earth Pro, para generar una visualización del levantamiento del hecho de tránsito simulado.

Para realizar este proceso se instalo el software de oficina Google Earth Pro en nuestro PC, el cual podemos descargar desde su página oficial <https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html> y abriremos este para abrir los archivos generados en el colector de campo en la extensión SHP.

La secuencia para realizar la función anterior es dar click en Archivo>Abrir y nos enviara el cuadro de dialogo, donde seleccionaremos la ubicación de nuestro archivo, ver figura 6.9.

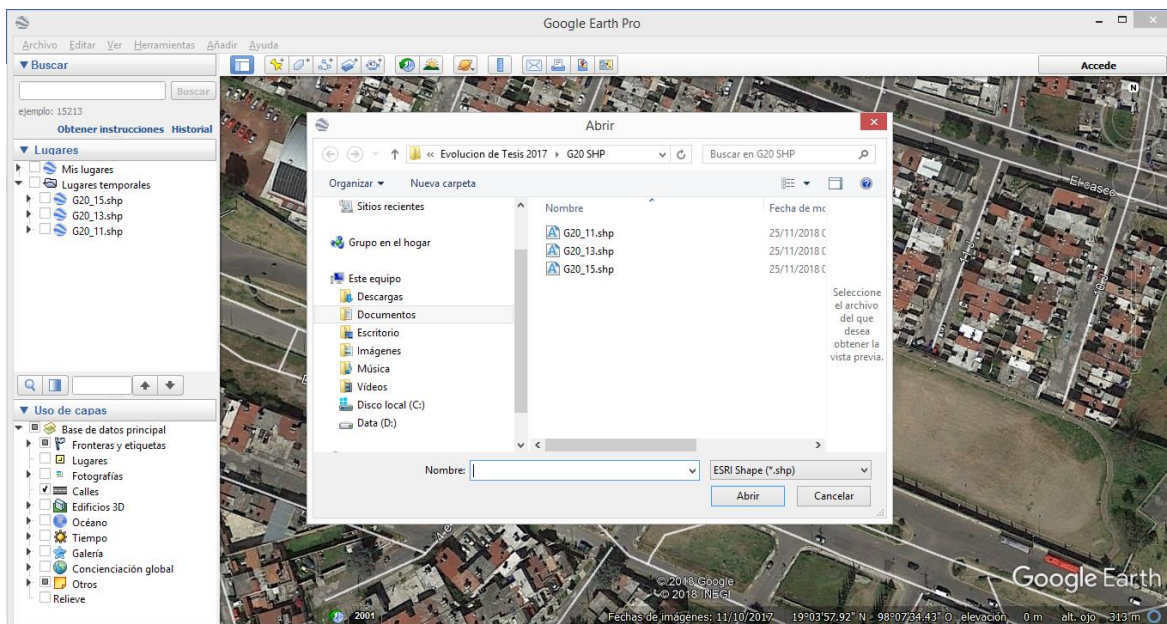


Figura 6.9 Abriendo archivo SHP generado por el colector de datos T41, con el software de campo CSI Mobile.

Fuente: Software Google Earth Pro.

El software de campo CSI Mobile genera 3 archivos de campo, uno es para los puntos colectados, otro es para la entidad de polilíneas y un tercero para las áreas o rellenos de las imágenes.

Una vez abierto los archivos, las entidades colectadas en campo con el software de campo CSI Mobile, aparecerán automáticamente en la posición geográfica con las que fueron posicionadas en el software de Google Earth Pro, por lo que permitirá visualizar la información de posición absoluta con respecto a la imagen de satélite que tenga disponible el software, como se muestra en la figura 6.10.



Figura 6.9 Abriendo archivo SHP generado por el colector de datos T41, con el software de campo CSI Mobile.

Fuente: Software Google Earth Pro

6.5 Propuesta de algoritmo de manejo de datos colectados para uso en un sistema de información geográfico

Se puede decir que la obtención de datos de levantamiento de hechos de tránsito terrestre, son una etapa fundamental para llevar a cabo la mitigación de los mismos, a través de su conocimiento, comprensión y análisis, por lo que es esencial que dicha información pueda ser estructurada para su consulta por medio de un sistema de información geográfico (SIG)

Un sistema de información geográfico (SIG), requiere una organización eficiente, que permita la interacción completa de todos sus elementos. A mayor volumen de datos, mayor será el nivel de organización que se tenga que implementar.

Esto conlleva el diseño y creación de una base de datos que posteriormente se trabajarán en las distintas aplicaciones, bien sea para leer esos datos, modificarlos, o actualizarlos.

Cabe mencionar que, para el uso de los datos colectados en un SIG, es indispensable homogenizarlos con el fin de favorecer el flujo de trabajo entre ellos, dando cabida a factores tales como:

- Extensión geográfica.
- Formato.
- Modelo de datos.
- Sistema de coordenadas.

Organizar y coordinar adecuadamente todos los elementos de un SIG es una labor básica para llevar a cabo una correcta implantación. De acuerdo a lo anterior solo se menciona a nivel de propuesta, la estructuración de la información de la colecta de datos de los levantamientos de hechos de tránsito terrestre, para su integración en

una estructura de SIG establecida o actualizada, con el enfoque de su uso en el desarrollo de soluciones hacia una movilidad urbana segura.

Esta etapa puede llevarse a cabo con un software comercial o libre para la visualización, análisis y gestión de una base de datos, como por ejemplo Autocad Map, Arcgis, Global Mapper, Arcview, Qgis, Google Earth Pro, entre muchos otros. Por otro lado, para este trabajo también se puede enviar a la nube (en internet), gestionar, y desarrollar nuevos modelos con esa información. También existen aplicaciones de uso comercial y libre, sin embargo, se recomienda que se contemple un proveedor de servidor de web estable y a largo plazo, para elaborar adecuadamente la base de datos y tener siempre una actualización y respaldo de tal información.

A continuación, se muestra un ejemplo del algoritmo para la implementación de la información colectada en campo para su almacenamiento y gestión dentro de la elaboración de un SIG para los hechos de tránsito terrestre en el municipio de Puebla, (figura 6.10).

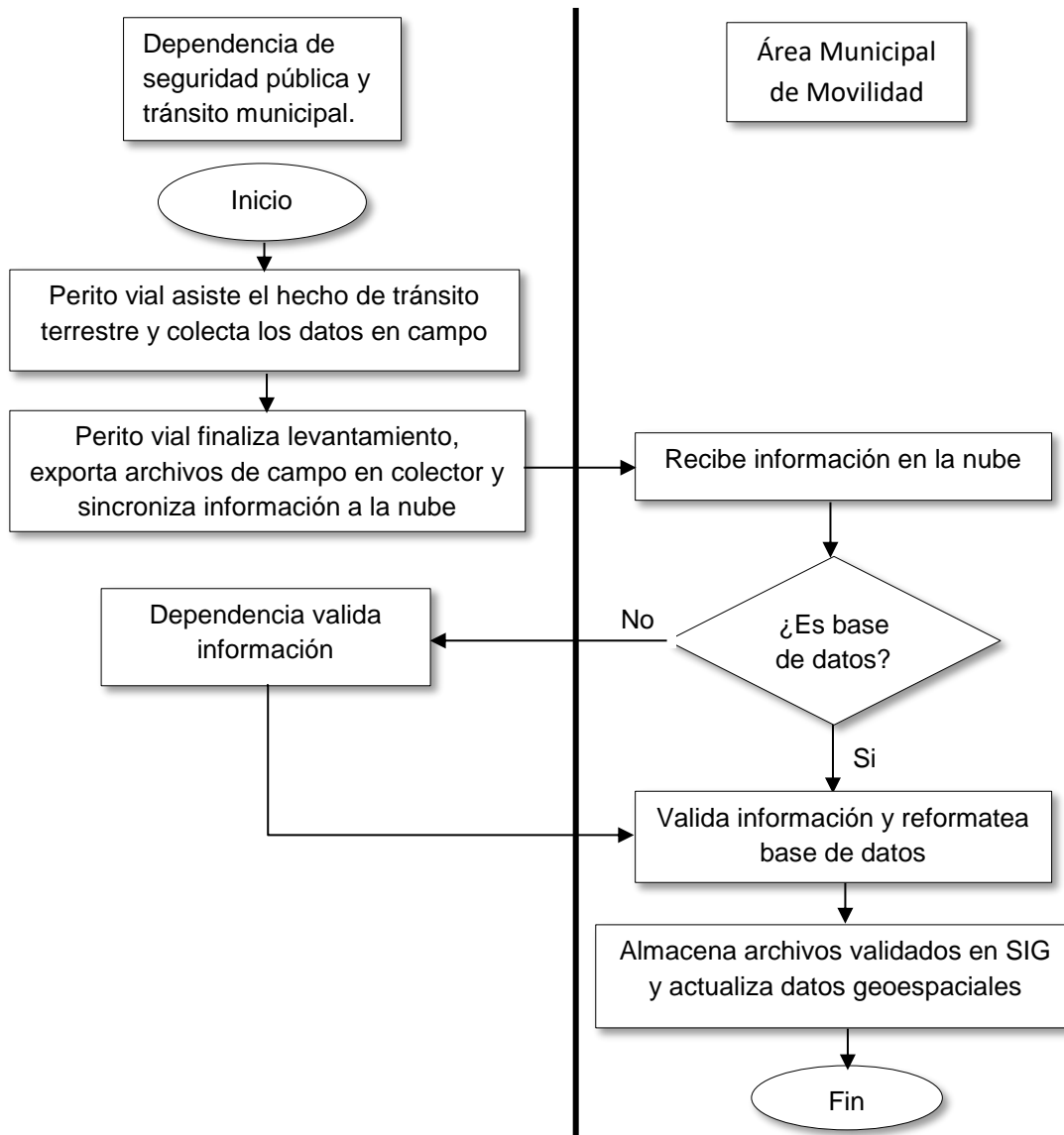


Figura 6.10 Propuesta de algoritmo de flujo de datos de los levantamientos de hechos de tránsito terrestre en el municipio de Puebla para la alimentación de un sistema de información geográfico.

Fuente: Propia.

Conclusiones

De acuerdo a nuestra hipótesis si es posible obtener información con el uso del Sistema Global de navegación por Satelital (GNSS por sus siglas en ingles) en la modalidad de Red con Conocimiento en Tiempo Real por sus siglas en inglés (NRTK) con el cual se colecte y almacene, para procesar y representar gráficamente y numéricamente los elementos básicos que intervienen en los hechos de tránsito terrestre de mayor relevancia, que ocurran en las vialidades de la ciudad de Puebla, y esto es con la finalidad de obtener una base de datos de campo actualizada y exacta en un sistema geográfico estandarizado de medición que permita a los ingenieros de tránsito, especialistas del área e interesados, su uso para el análisis y evaluación espacio-tiempo, que permitan la identificación de patrones o variables, con el objetivo de brindar un panorama cuantitativo sobre el comportamiento y tendencia de los percances viales ocurridos en la ciudad de Puebla.

Las nuevas tecnologías han tenido o tiene un papel clave en avances en la seguridad vial, pero ahora mas que nunca estamos viviendo tal explosión tecnológica, por tanto esta nueva metodología que se presenta en este trabajo de investigación es para aportar información más detallada de los hechos de tránsito terrestre a las autoridades tanto públicas y entidades privadas para su gestión y

procesamiento en peritajes, auditorias viales, estudios de impacto vial, investigaciones para mejorar la seguridad publica en movilidad urbana e investigaciones que conlleven a mejorar métodos empíricos y que hoy en día, con el uso de estas nuevas tecnologías se desarrollen nuevas estrategias de mitigación y gestión en los hechos de tránsito terrestre.

La metodología propuesta en este trabajo de investigación se realizó con una simulación en conjunto con académicos y cadetes de la Academia de Seguridad Pública y Tránsito del Municipio de Puebla, la cual, nos dio los resultados esperados, y por consiguiente, surgieron propuestas de diversas instituciones gubernamentales y académicas para su implementación y enseñanza en sus actividades profesionales, aplicada al estudio de los hechos de tránsito.

De acuerdo a los objetivos que se plantearon en este trabajo de investigación, se elaboró un diagrama de flujo relacionado al almacenamiento y gestión de la información colectada de los levantamientos de hechos de tránsito terrestre en el municipio de Puebla, que propone utilizarse para la implementación como parte de la gestión pública, en el rubro de seguridad y movilidad urbana, con el fin de apoyo en la toma de decisiones para la mitigación de estos.

Bibliografía

- Aguilar Ruíz, M. Ó., Navas Pérez, J., & Olivares Alcalá, R. (2009). *Investigación criminalística en hechos de tránsito terrestre*. México D.F.: Instituto nacional de ciencias penales.
- Ana Cecilia Cuevas, N. V. (2014). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales 2012*. Sanfandila, Queretaro, México: IMT.
- Arroyo, E. I. (MAYO de 2001). Reconstrucción de hechos de tránsito terrestre. *TESIS*. PUEBLA, PUEBLA, MEXICO.
- COCHE, T. (8 de ENERO de 2015). *TECNO COCHE*. Obtenido de www.tecnocoche.com/seguridad_automovil/seguridad_pasiva/carroceria_seguridad.html
- Flores Cervantes, C. (2010). *Los accidentes de tránsito*. México D.F.: Editorial Porrúa México.
- Flores, J. (20 de SEPTIEMBRE de 2010). *MUY INTERESANTE*. Obtenido de INOVACIONES:
<http://www.muyinteresante.es/innovacion/autos/articulo/automoviles-coches-sistemas-de-seguridad-pasiva>
- FUTURO, A. D. (s.f.). *AUTOS DEL FUTURO*. Obtenido de <http://autosdelfuturo.bligoo.es/bienvenido-a-bligoo#.WEsUa7LhDIV>
- Guerrero, V. A. (2011). Evolución histórica de los pavimentos asfálticos y métodos de diseño de pavimentos. *MEMORIAS XXIV CONGRESO MUNDIAL DE CARRETERAS MÉXICO DF 2011 (PAVIMENTOS FLEXIBLES)*, (pág. 11).
- Hernández Mota, J. M. (2010). *Los accidentes de tránsito, manual básico de investigación de hechos de tránsito terrestre*. México D.F.: Flores editor y distribuidor.
- Hernández Mota, J. M. (2011). *Huellas e indicios en los accidentes de tránsito*. México D.F.: Flores editor y distribuidor.
- INEGI. (Noviembre de 2018). *Banco de indicadores*. Obtenido de Puebla, Puebla:
<http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores>
- INEGI. (NOVIEMBRE de 2018). *BANCO DE INDICADORES*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=1006000039##divFV6207048973#D1006000039>
- Irureta, V. A. (2005). *Accidentología vial y pericia*. Argentina: La Roca.
- K., J. G. (1971). Drivers' Brake Reaction Times. *Human Factors*, 23-27.
- Leick, A. (1990). *GPS Satellite Surveying*. USA: John Wiley & Sons.

- Márquez, F. G. (2003). *Curso Básico de Topografía*. México DF: Pax México, Librería Carlos Cesarman S.A.
- Olvera, B. G. (1997). *Geometría Analítica; Matemáticas III*. Cd. de México: Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, SEP.
- Parera, A. M. (1992). *Limitaciones del Conductor y del Vehículo*. Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores.
- Penales, I. N. (2013). *Protocolos de Cadena de Custodia, Dos Grandes Etapas: Preservación y Procesamiento*. México D.F.: Instituto Nacional de Ciencias Penales.
- Reyes Spíndola, R. C., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de tránsito, Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega.
- ROMERO, J. (29 de 12 de 2013). *OMICRONO*. Obtenido de www.omicrono.com/2013/12/asi-seran-los-coches-del-futuro
- Seguro, C. (31 de MAYO de 2012). *CIRCULA SEGURO*. Obtenido de SEGURIDAD PASIVA: <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-reposacabezas-activo/>
- Taxis Rojas, T. A. (2013). *Manual práctico para la investigación de accidentes de tránsito*. México D.F.: Ubijus.
- Transportes, S. d. (1991). *Manual de Proyecto Geometrico de Carreteras*. México: SCT.
- Valdez, I. (31 de Julio de 2015). *MILENIO.COM*. Obtenido de "Puntos ciegos" al conducir ocasionan 80% de accidentes: http://www.milenio.com/df/Puntos-ciegos-conducir-ocasionan-accidentes_0_564543550.html
- VIAL, C. S. (s.f.). *CEA SEGURIDAD VIAL*. Obtenido de HISTORIA DE UNA LUNA: www.seguridad-vial.net/articulos/96-historia-de-una-luna
- WIKIPEDIA. (18 de MAYO de 2015). *WIKIPEDIA, LA ENCICLOPEDIA LIBRE*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Millennium_Bridge
- WIKIPEDIA, E. L. (07 de DICIEMBRE de 2016). *WIKIPEDIA, ENCICLOPEDIA LIBRE*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_autom%C3%B3vil
- Zorrilla, H. H. (s.f.). *DE AUTOMOVILES*. Obtenido de HISTORIA DE LOS AIRBAG: www.deautomoviles.com.ar/articulos/seguridad/airbags-historia.html