

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

Mientras que el número de los vehículos motorizados y de kilómetros – vehículo recorridos aumenta a través del mundo, la exposición de la población a los accidentes de tráfico también aumenta.

Las dos consecuencias principales del problema del tránsito constituyen los accidentes y el congestionamiento. De ellos, el primero es de gran importancia ya que significa grandes bajas entre la población, por el resultado de muertos y heridos, además de la pérdida económica ocasionada.

Los accidentes de tránsito son un fenómeno cotidiano, que nadie puede desconocer, ocasionando daños a las cosas y/o lesiones o muerte a las personas.

La seguridad vial es un problema mundial, con alrededor de 500 millones de vehículos en uso, más de 500.000 personas mueren cada año en accidentes de tráfico vehicular y cerca de 15 millones son heridos. El problema es complejo y las soluciones más, la estadística policial indica que en más del 90% de los casos la responsabilidad es de los conductores y los restantes del vehículo o la vía.

El incremento poblacional del parque automotor y del flujo vehicular y por tanto de accidentes en nuestras vías, por diferentes causas y motivos para los directamente implicados aparece inmediatamente la búsqueda de culpables. Se mencionan palabras como exceso de velocidad, fallas mecánicas, imprudencia, alcohol y condiciones del medio ambiente entre muchas otras.

### **1.2. Justificación**

En la ciudad de Tarija se presenta un índice elevado de accidentes de tránsito por lo que se debe realizar un análisis de los mismos para visualizar las causales y permitir plantear una propuesta que haga disminuir esta situación que está causando trastornos en nuestra población.

Las estadísticas elaboradas a partir de los registros de informes de accidentes redactados por personal de la Unidad Operativa de Tránsito de la ciudad de Tarija, muestran que en el último quinquenio, se registró un promedio anual 1051 accidentes, 413 personas lesionadas y con un número de muertos de 42 personas al año. Las estadísticas hablan por sí solas ya que los datos son alarmantes.

Esto hace constatable la problemática derivada de los accidentes viales, que en la actualidad se han convertido en uno de los principales problemas de salud pública.

En nuestro medio no se cuenta con un análisis metodológico en peritaje de los accidentes de tráfico, en la especialidad de la Ingeniería Vial, por lo que es necesario este estudio para dictaminar de modo más objetivo y analítico sobre los motivos que llevaron a la producción del accidente.

Es por estas razones que se estudiará las causas, motivos y consecuencias con carácter de peritaje de los accidentes de tráfico, de acuerdo a las características correspondientes al medio.

Esto evitará que se acepten como ciertas algunas expresiones, conclusiones, argumentos equivocados y hasta incoherencias que ante el desconocimiento aparecen como verdaderas. Servirá también a estos para brindarles una visión diferente, menos intuitiva y más técnica brindando así los fundamentos básicos necesarios para el tratamiento de la accidentalidad vial.

Este estudio se lo podrá utilizar como guía para identificar las características y el comportamiento de los accidentes de tránsito que ocurren en nuestra ciudad, como también los lugares y zonas donde más ocurren los mismos.

En suma será un valioso aporte de enfoque interdisciplinario, que sintetizará en un único trabajo el análisis detallado de múltiples variables que intervienen en un accidente de tránsito, lo que seguramente favorecerá a la producción de dictámenes más acertados de peritaje y aportará rigurosos criterios metodológicos.

También será de utilidad para unificar criterios, homogeneizando sus producciones, pues se brindará un material de consulta que reúne todos los conceptos teóricos elementales en la reconstrucción de accidentes de tráfico.

### **1.3. Objetivos**

Los objetivos del presente trabajo son los que se enuncian a continuación:

#### **1.3.1. Objetivo general**

Realizar un estudio basado en el Análisis Técnico Metodológico de Peritaje sobre Accidentes de Tráfico en la Ciudad de Tarija cuya finalidad será la evaluación y metodología de peritaje sobre accidentes de tráfico, además de determinar las causas y consecuencias que provoca el suceso, que permita a las instituciones de tránsito y transporte realizar acciones para aminorar la cantidad de accidentes que ocurren en nuestra ciudad.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Estudio de los componentes físicos básicos de la circulación: Hombre, Móvil y Vía.
- Obtención de registros de accidentes por la Unidad Operativa de Tránsito.
- Estudio de la metodología de peritaje de accidentes.
- Registro de accidentes para la evaluación y metodología del peritaje
- Aplicación de la metodología del peritaje en accidentes de tráfico.
- Reconstrucción de los accidentes registrados.
- Obtención de resultados de todos los accidentes registrados con los tipos de hechos, causas, lugar y zonas.

### **1.4. Alcance**

En este proyecto se demostrará principalmente la importancia del tema a estudiar, como son los accidentes de tráfico, causas y sus consecuencias.

El alcance del presente estudio comprende en la evaluación y metodología de peritaje sobre accidentes de tráfico, donde se procederá a realizar el método de peritaje de accidentes de tráfico basados en un manual de peritaje técnico y bibliografía

consultada, para así poder determinar las causas y posterior consecuencias de los accidentes que ocurren, y con la tabla de resultados poder apreciar las causas más frecuentes en la ciudad de Tarija.

Con todo esto se pretende realizar un trabajo netamente de estudio sobre el análisis técnico aplicando la metodología del peritaje en los accidentes de tráfico en la ciudad de Tarija y así poder evidenciar cuales son las causas o razones más comunes de la existencia de los accidentes y consecuencias de los mismos para que se pueda tomar medidas de mitigación.

Es por tal motivo que el estudio de accidentes de tráfico es un importante punto de partida, para llevar a la práctica programas de control, educación, mantenimiento, inspecciones vehiculares, servicios de emergencia y mejoras de la red vial. El estudio de los accidentes sirve también a otros grupos de personas o entidades como la policía, las compañías de seguro, los juzgados, etc.; para realizar acciones que permitan minimizar dichos accidentes.

Una vez estudiadas las causas de los accidentes que podrían ser humanas, mecánicas, ambientales y estructurales, se debe hacer una toma de conciencia mediante la comunicación para evitar las consecuencias que pueden ser, personales, económicas y sociales.

En la toma sistemática y el análisis detallado de todos los datos relacionados con los accidentes hace posible el adecuado estudio de las causas reales ocurrentes en ellos, lo que es fundamental para un estudio posterior de las deficiencias de la vía, de los vehículos y del comportamiento humano a fin de corregirlas y orientar el estudio de los nuevos proyectos y posibles normas a implantar.

Son numerosos los factores que intervienen en la producción de un accidente, los cuales estudiaremos desde el punto vista de un análisis técnico metodológico de peritaje de los mismos.

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ACCIDENTES DE TRÁFICO**

#### **2.1. El accidente de tráfico. Consideraciones previas**

Un accidente de tráfico ocasiona graves perjuicios a la sociedad, desde los más livianos, derivados del simple hecho de entorpecer la circulación, hasta los más severos, acompañados de los dramáticos matices personales y afectivos. Son numerosos los factores que intervienen en la producción de un accidente, los que estudiaremos desde el punto vista técnico metodológico.

##### **2.1.1. Definición**

Se denomina accidente de tránsito a un suceso que altera el orden normal de circulación de los componentes en la vía, en el que se encuentra implicado uno o más vehículos circulando por ella y que involuntariamente origina daños a personas y objetos.

##### **2.1.2. Causas de los accidentes**

Generalmente las causas que provocan un accidente de tránsito son muchas; pero como consecuencia del desarrollo de la velocidad en los vehículos modernos y de no disponer, en muchos casos, de una infraestructura vial acorde con estos avances, la causa más frecuente de los accidentes de tránsito en el mundo entero es el exceso de velocidad. Ahora bien se dará una serie de causas que son las más comunes:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 1. Exceso de velocidad.       | 7. Omisión de las señales de tránsito.  |
| 2. Estado de ebriedad.        | 8. Carecer de luces.                    |
| 3. Imprevisión del conductor. | 9. No acatar disposiciones de tránsito. |
| 4. Falla mecánica.            | 10. Cruzar peligrosamente.              |
| 5. Imprudencia del peatón.    | 11. Mala maniobra.                      |
| 6. Estacionamiento peligroso. | 12. No dar prioridad.                   |

## **2.2. Elementos que intervienen en un accidente de tránsito**

Los elementos de un accidente de tránsito son: el hombre, el vehículo y la vía.

Estos tres elementos influyen de distinta manera en la ocurrencia de los accidentes los dos primeros son de carácter material y sirven de medios al servicio del hombre.

El factor preponderante y más influyente es el ser humano, el cual los crea y los produce de acuerdo a sus condiciones.

### **2.2.1. El hombre**

Es el factor más importante e influyente en un accidente de tránsito. Según estadísticas que se obtuvo del Organismo Operativo de Tránsito se le atribuye entre un 80% - 90% de responsabilidad al factor humano, por otra parte es el objeto final de seguridad en la circulación, el hombre es el que debe dominar a la máquina, puesto que en el conductor recae la mayor responsabilidad.

Las condiciones que más afectan son las condiciones físicas y las condiciones emocionales.

#### **2.2.1.1. El conductor**

El conductor es la persona que dirige o controla un vehículo automotor, es quizá dentro el complejo proceso de tráfico uno de los elementos más importantes.

El vehículo sin la preparación adecuada del conductor puede convertirse en un arma homicida. El conductor con un leve movimiento del pedal puede acabar con la vida de varias personas en unos cuantos instantes.

Una vez ante el volante de un vehículo el conductor tiene libertad de acción muy grande, si bien no absoluta. Puede elegir el origen y el destino de su ruta, las paradas y demoras, la velocidad con que recorrerá en su ruta.

##### **2.2.1.1.1. Características del conductor**

Uno de los problemas del tráfico y de los Ingenieros de Tráfico cuando consideran las características del conductor en el curso del diseño, son las habilidades que son

variables y las capacidades perceptivas de los conductores. Esto es demostrado por la amplia gama de las capacidades de la gente de oír, ver, evaluar, y de reaccionar a la información que se le presente.

Los estudios han demostrado que estas capacidades pueden variar bajo diversas condiciones individuales, tales como el alcohol, la fatiga, y la hora del día, por lo tanto es importante que estos criterios sean usados en el proceso de diseño.

En resumen existe un gran número de factores que influyen en el comportamiento del conductor. Estos pueden ser:

#### **2.2.1.1.1. Factores internos**

Los factores internos son todos aquellos que provienen del conductor mismo y son consecuencia de los aspectos físicos, psicológicos, y de salud.

Entre los factores internos podemos mencionar:

##### **a) La vista**

El órgano visual se asemeja mucho a una cámara fotográfica. Consta de una cavidad que tiene una lente en la parte frontal. Esta lente tiene un obturador, al igual que la cámara fotográfica, que puede ampliarse o reducirse de acuerdo con la cantidad de luz que quiera admitir esa cavidad interior. El órgano visual humano tiene una serie de celdas en la parte posterior, o retina, que son las que perciben el estímulo exterior y mandan el mensaje al cerebro.

Los músculos pueden variar la distancia focal mediante ciertos movimientos del ojo. Esto permite a la persona enfocar a distancia variable.

De la facultad de enfocar vamos a citar unas cuantas cifras que nos interesan a ese respecto.

Para el movimiento de la cabeza del usuario se han hecho algunos experimentos para determinar cuánto tiempo tarda en ver un objeto, hacer un ligero movimiento y observar otro en dirección diferente. *Reaccionar* significa que el mensaje es enviado del ojo al cerebro y este ordena el movimiento a los músculos, para *accionar*. Para

cambiar de ángulo se necesitan de 0.1 a 0.3 segundos. Finalmente, el tiempo necesario para enfocar es de 0.17 a 3 segundos, si se sale de un medio oscuro a uno de luz natural, en cuyo caso el órgano visual humano tarda más tiempo en adaptarse.

Veamos cuánto tarda un conductor que llega a una esquina en saber únicamente si el paso está libre. Para voltear hacia la derecha necesita de 0.1 a 3 segundos; enfocar le lleva aproximadamente 0.3 segundos; voltear a la izquierda de 0.1 a 3 segundos, finalmente, enfocar otra vez. La suma total del tiempo necesario para voltear a la derecha, enfocar, voltear a la izquierda y enfocar, es de un segundo y cuarto, tomando valores máximos. Son valores obtenidos a través de experiencias directas, es decir, en forma empírica.

Sin embargo aun con una vista excelente existen ciertos momentos en que el conductor se queda momentáneamente ciego:

- Por el deslumbramiento de luces altas emitidas por faros de vehículos que circulan en dirección contraria durante la noche. Este enceguecimiento momentáneo se puede evitar con una adecuada educación vial.
- El deslumbramiento originado por los rayos solares cuando el ángulo de estos es tal que dan una reflexión directa sobre los ojos.
- Por bolsones de niebla densa cercanos al vehículo que se presentan en algunos tramos de carreteras.

Conducir es una labor que requiere que la persona que lo haga se mantenga en buenas condiciones físicas y mentales. Debe tenerse presente que lo que más afecta el buen estado físico del conductor son los problemas de visibilidad.

## **b) El oído**

Es un sentido muy importante para el conductor para casos de emergencia cuando un peatón u otro conductor están distraídos, o este último puede hacer movimientos no permisibles, sin embargo el uso de la bocina debe ser el estrictamente necesario. Sabemos que una sobreexcitación del oído por ruidos molestos puede causar irritación anímica y disminuir el rendimiento del conductor. La pérdida de la

capacidad auditiva no es un problema serio, puesto que puede ser corregida normalmente por una prótesis de auditiva.

### **c) Reacciones físicas y psicológicas**

Hay dos tipos de reacciones en el individuo: **la reacción Física o Condicionada** y la **reacción Psicológica**.

La **reacción Física o Condicionada**, está relacionada con el sector de conductores que han desarrollado ciertos hábitos. A las personas que están acostumbradas a utilizar cierta ruta especial, cierto camino o cierta calle, se les desarrolla un hábito que se convierte en destreza. Pueden llegar a una cierta intersección y prever el peligro, pueden tener en cuenta cosas que la persona que pasa por primera vez no advierte. Entonces esas personas han desarrollado cierta habilidad, a la vez que una *reacción condicionada*, por haber usado ese camino muchas veces.

El conductor de un vehículo reacciona de acuerdo con los hábitos buenos o malos que se ha formado. Por lo general el hábito, la experiencia que ha adquirido el usuario, es la mejor defensa contra los accidentes.

Pero esta experiencia no serviría de nada si es que tenemos una condición física mala por así decirlo, las que generalmente son:

- Alteraciones orgánicas transitorias (náuseas, mareos, etc.)
- Insuficiencia sensitiva (defectos del oído, de la vista).
- Alteraciones orgánicas permanentes (insuficiencia cardiaca, diabetes, etc.).
- Insuficiencia motora (falta de reflejos, coordinación, etc.).

También la condición física del conductor puede verse afectada por la fatiga, la que origina el sueño, que también puede ser causado por contaminación o intoxicación (gases provenientes del motor), o bien por drogas. Conviene en esta oportunidad hacer la aclaración de que drogas no sólo son alucinógenos, sino también todo preparado farmacológico. Así entonces debe tenerse cuidado con medicamentos prescritos por el médico, tales como:

- a) Antihistamínicos: usados en tratamientos de gripe u otras enfermedades
- b) Anfetaminas: estimulantes usados para contrarrestar el sueño. Debe tenerse en cuenta que la mejor forma de contribuir a reducir el sueño en forma natural, es el descanso. Es preferible descansar por un rato, y no por una eternidad.

La **reacción Psicológica**, en cambio, es un proceso intelectual que culmina en un juicio. Se trata de estímulos que son percibidos y enviados al cerebro. Después de obtener una reacción se llega a una decisión para actuar. Son reacciones intelectuales del individuo, pero están afectadas por las emociones y otras causas que pueden modificar las facultades del mismo.

Podemos imaginar el diagrama de cómo llegan esas emociones, esos estímulos al cerebro a través de los órganos sensitivos del hombre: tacto, oído, vista, etc. Esas reacciones envían un mensaje al cerebro, este tiene que reaccionar a través de un proceso intelectual y tomar una decisión para actuar, finalmente, manda la orden al músculo apropiado, que actúa de inmediato.

Hay un tiempo mínimo de reacción en estos procesos. Este tiempo de reacción es el que corresponde al estímulo simple, es decir, no a una situación complicada, sino a una situación sencilla cuando existe un estímulo único.

Llamaremos en este caso, *estímulo*, a cualquier emergencia que se presente en nuestro camino: un peatón que cruza, un animal, una desviación, cualquier obstáculo, etc. Es el *estímulo* que percibe el usuario y que lo anima a actuar.

El tiempo mínimo de reacción que se encontró en el promedio de los individuos, cuando el vehículo no está en movimiento, es de un cuarto de segundo, o sea 0.25 segundos. Por ejemplo: es el tiempo que tarda un conductor que esta parada en espera del cambio de luz del semáforo, para reaccionar cuando pase de “ALTO” a “SIGA” y meta velocidad para arrancar el vehículo. De acuerdo con las pruebas que se efectuaron con un semáforo aislado, los tiempos promedios de reacción fueron los siguientes: 0.25 segundos, cuando el vehículo esta inmóvil y 0.83 segundos, en promedio, para el vehículo en movimiento, dependiendo de las circunstancias del

tránsito y las velocidades. Se vió que en algunos casos podía llegar hasta dos o tres segundos.

Los factores que pueden modificar las facultades del individuo en este tiempo de reacción son los siguientes:

- La fatiga.
- Enfermedad provocada, alcohol, drogas, etc.
- El estado emocional del individuo.
- El clima.
- La época del año.
- Las condiciones del tiempo.
- La altura sobre el nivel del mar.
- El cambio del día.

Entendemos por este último término, el cambio del día a la noche y viceversa.

A continuación se dará algunos conceptos de los problemas mentales o emocionales que más aquejan a la población en general las cuales pueden afectar a la reacción psicológica de las personas:

**El exhibicionismo:** Al conducir, los exhibicionistas tratan de demostrar habilidades poco corrientes, con las cuales quieren llamar la atención de otras personas (conducir con una sola mano, manejar a altas velocidades, hacer ruido con las bocinas, etc.).

**Temeridad:** El conductor temerario es audaz, atrevido y se arriesga imprudentemente e irresponsablemente. Se encuentra con frecuencia esta característica en el comportamiento de los jóvenes, y se acentúa más por efecto del alcohol.

**Negligencia:** Se presenta en los conductores descuidados, perezosos, quienes no revisan sus vehículos, no se concentran en la conducción y guían con descuido olvidándose de que es prohibido conducir un vehículo negligentemente, manejan con una irresponsabilidad a los derechos y seguridad de los demás.

**Vanidad:** Esta es una actitud parecida a la anterior y se distingue por: desprecio por los demás conductores, mira nada más los errores de los demás, no admite que lo adelanten, no acepta correcciones

- Desprecio por los demás conductores.
- Mira nada más los errores de los demás.
- No admite que lo adelanten.
- No acepta correcciones.

**La Agresividad:** Proviene de un desorden de la conducta. Adelanta por la derecha, corta el paso, suena la bocina, hace señales insultantes, grita e insulta. Este tipo de conducta se presenta en nuestra ciudad con mucha frecuencia debido a que el conductor tuvo un disgusto en el hogar o en el trabajo y descarga su ira contra los demás personas.

**La distracción:** Es la fijación en la mente de una idea o cosa que la aparta del objeto al que debía concentrarse. Recientes investigaciones demuestran, que un conductor puede llevar su vista fija en la vía y los demás tienen la sensación de que está muy atento a todo lo que está sucediendo en la vía, pero en realidad su mente está muy lejos de la carretera.

Las distracciones al conducir pueden ser causadas por:

- Escuchar la radio.
- Buscar un cigarrillo.
- Conversar y mirar directamente al interlocutor.
- Buscar el encendedor.
- Contemplar el paisaje.
- Pensar en algo distinto a la conducción.
- Atender una puerta que se abre.

**Tabla 2.1 Conductas de distracción.**

<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
Marcar un número o enviar un SMS por el celular	Estar hablando por el celular
Resuelva todos los problemas antes de irse a la oficina	Maquillaje en el vehículo
No mantenerse fuera del punto ciego de otros vehículos	Al no mantener la distancia segura de otros conductores teniendo un espacio de protección
Buscar y contestar el teléfono celular cuando suena	Marcar un número o enviar un SMS por el teléfono celular
Estar hablando por el teléfono celular	Buscar y contestar el teléfono celular cuando suena
Escuchar música a excesivo volumen	Mirarse constantemente por el espejo retrovisor
Estar bajo los efectos del alcohol	Un insecto en el coche
Mirar/leer al conducir un diario, mapa, etc.	Llevar niños alborotando / llorando
El 32% de accidentes es generado por la presencia de mujeres bonitas en la vía. Llaman la atención del conductor	El ingerir alimentos o bebidas mientras conduce

Fuente: Medidas contra accidentes de tránsito. Asoc. Peruana de Emp. Aseguradoras.

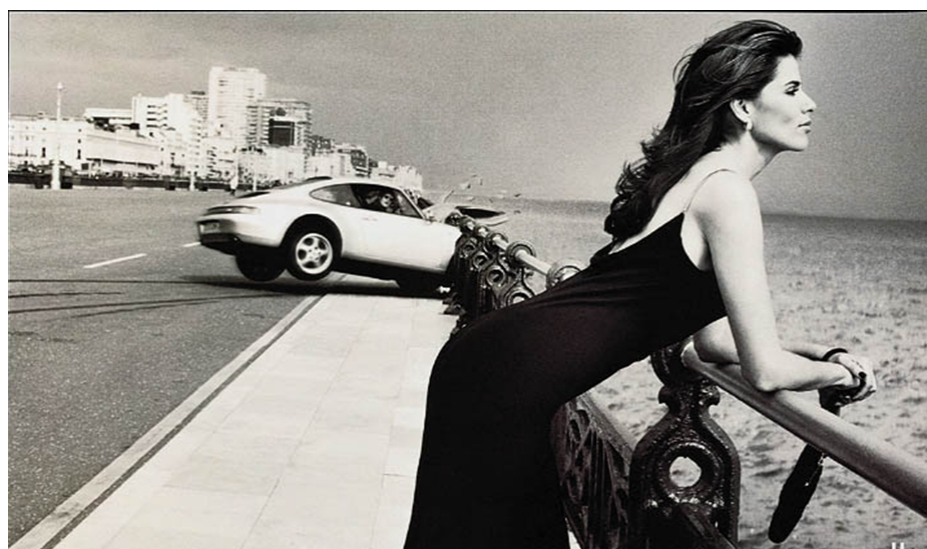


Figura 2.1 Distracciones al conducir.

#### **2.2.1.1.1.2. Factores externos**

Los factores externos que influyen en la reacción del conductor son aquellos que no dependen de él mismo, sino del entorno de su recorrido.

Entre estos factores externos que tienen influencia en la reacción de un conductor, podemos indicar:

- La distancia de visibilidad de la vía.
- Ancho de carril.
- Presencia de cruces.
- Señalización.
- Fenómenos atmosféricos.

#### **2.2.1.2. El peatón**

El peatón o transeúnte es la persona que camina a pie utilizando espacios adecuados para trasladarse de un lugar a otro en calles, avenidas y eventualmente en algunas carreteras.

Es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima del tránsito, sino también una de sus causas.

Actualmente en la ciudad existe un elevado número de vehículos motorizados, por ello los peatones accidentados ocupan cifras importantes.

Podemos considerar como *peatón* a toda la población en general, desde individuos de 2 años hasta 95 años. Es decir prácticamente todos somos peatones.

De acuerdo a las estadísticas obtenidas del Organismo Operativo de Tránsito, los accidentes por atropello a peatón resulta con el 13.76 % en el último quinquenio del total de siniestros sucedidos en la ciudad de Tarija, siendo este valor el tercer tipo de accidentes.

Esto se debe a que el peatón no se ha asimilado al medio; en general, a un no ha comprendido lo que significa el transporte automotor en vías de alta velocidad. En las

actividades comunes del peatón en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo una situación anormal.

**Tabla 2.2 Tipos y frecuencia de los accidentes peatonales.**

<p><b>Lanzarse fuera de la calle (primera mitad) (24%)</b> Mitad de la calle (no en la intersección). Aparición repentina peatonal y exposición de tiempo corta (el conductor no tiene tiempo para reaccionar). El peatón cruzó menos que la mitad del camino.</p> <p><b>Lanzarse fuera de la calle (segunda mitad) (10%)</b> Iguales que arriba, a menos que el peatón consiga por lo menos atravesar al extremo de la calle antes de ser expulsado.</p> <p><b>Carrera corta en la mitad de la calle (8%)</b> Mitad de la calle (no en la intersección). El peatón está corriendo pero de manera no repentina o tiene un tiempo de exposición corto.</p> <p><b>Carrera corta en la intersección (13%)</b> Intersección. Iguales que para el lanzarse fuera de la calle (corto tiempo de exposición o carrera) a menos que ocurra en una intersección.</p> <p><b>El vehículo gira y se combina con atención del conflicto (4%)</b> El vehículo gira y se combina con el tráfico. El conductor está atendiendo al tráfico en una dirección y golpea al peatón de una sección diferente.</p> <p><b>Vehículo que gira (5%)</b> El vehículo gira o se combina en el tráfico. La atención del conductor no es documentada. El peatón no está corriendo.</p> <p><b>Amenaza múltiple (3%)</b> El peatón es golpeado mientras que él camina en el siguiente carril del tráfico por un vehículo que se mueve en la misma dirección que los vehículos que pararon para el peatón pase, porque la visión del conductor esta obstruida por el vehículo parado.</p> <p><b>Relacionado con la parada de autobuses (2%)</b> El peatón camina hacia adelante al frente de la parada del autobús y son golpeados por el vehículo que se mueve en la misma dirección que el autobús mientras que pasa el autobús.</p>
---

**Camión vendedor de helados (2%)**

El peatón es golpeado mientras que iba a o volvía del camión vendedor de helados por en un vehículo en la calle.

**Relacionado con vehículos averiados (1%)**

El peatón es golpeado mientras que trabajaba en o al lado de un vehículo averiado.

**Resultado de la colisión vehículo – vehículo (3%)**

El peatón es golpeado por un vehículo(s) como resultado de las colisiones de vehículo – vehículo.

**Atrapado (1%)**

El peatón es golpeado cuando cambia a la luz roja del semáforo (para el peatón) y los vehículos comenzaron a moverse.

**Caminar a lo largo del camino (1%)**

El peatón es golpeado mientras que caminaba a lo largo del lado de la carretera o en la hombrera.

**Otros (23%)**

Circunstancias inusuales.

Fuente: Ingeniería de tráfico. U.M.S.S. Cochabamba Bolivia



Figura 2.2 Tipo de Accidente Peatonal: Lanzarse fuera de la calle.



Figura 2.3 Tipo de Accidente Peatonal: Carrera corta en la intersección.

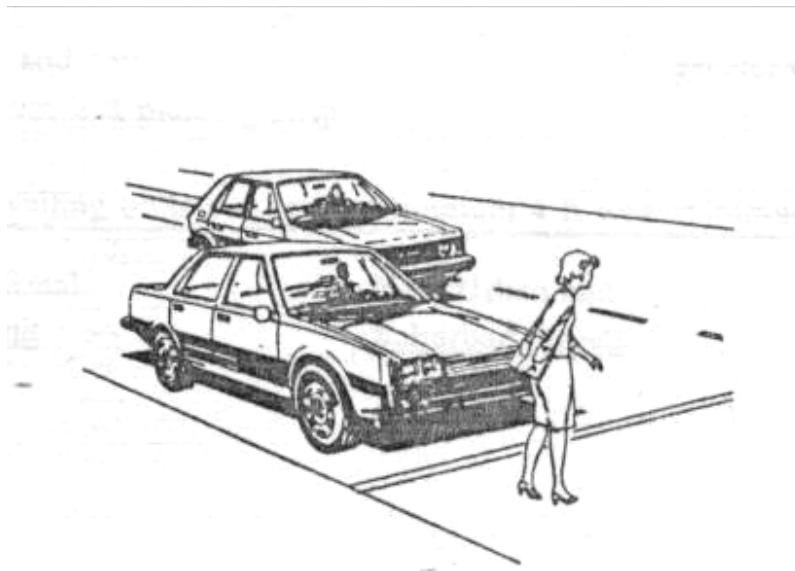


Figura 2.4 Tipo de Accidente Peatonal: Amenaza múltiple.

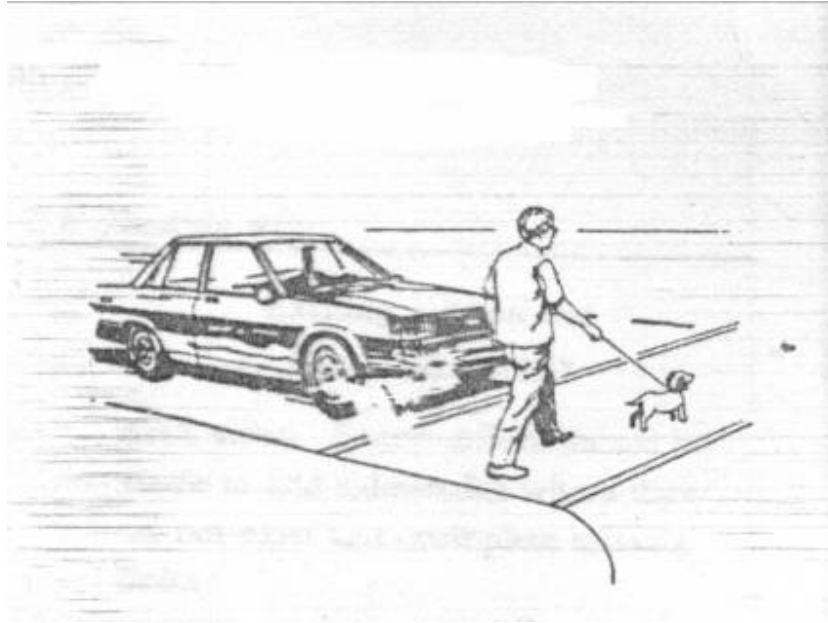


Figura 2.5 Tipo de Accidente Peatonal: El vehículo gira y se combina con atención del conflicto.



Figura 2.6 Tipo de Accidente Peatonal: Relacionado con la parada de autobuses.



Figura 2.7 Tipo de Accidente Peatonal: Caminar a lo largo del camino.

### **2.2.2. El vehículo**

Siendo el vehículo uno de los tres factores primordiales del tráfico, se hace necesario estudiarlo con todo detalle.

Según la experiencia de servicios automovilísticos, las causas principales de falla de un vehículo y que ocasionan accidentes son: llantas, frenos, dirección, luces, etc. La labor preventiva puede ser muy significativa a través de una revisión rápida.

#### **2.2.2.1. Características del vehículo**

Los criterios para el diseño geométrico de carreteras se basan en parte en los parámetros atmosféricos, y las características dinámicas de vehículos. Las características estáticas incluyen el peso y el tamaño del vehículo, las características cinemáticas implica el movimiento del vehículo, sin la consideración de las fuerzas que causan el movimiento. Las características dinámicas implican las fuerzas que causan el movimiento del vehículo. Puesto que casi todas las carreteras transportan a pasajeros y automóviles, es esencial que los criterios del diseño consideren las características de los diversos tipos de vehículos. Un conocimiento cuidadoso de

estas características ayudará a la carretera y/o al ingeniero del tráfico en diseñar las carreteras y los sistemas del control de tráfico que permiten la operación segura y cómoda de un vehículo móvil, particularmente durante las maniobras básicas de pasar, de parar, y de dar vuelta.

Por lo tanto, diseñar una carretera implica la selección de un vehículo del diseño, cuyas características abarcarán a las de casi todos los vehículos esperados para utilizar la carretera. Las características del vehículo del diseño entonces se utilizan para determinar los criterios para el diseño, la intersección, y los requisitos geométricos.

#### **2.2.2.2. Composición vehicular**

En nuestro país, la composición vehicular del parque automotriz es muy diversa. Existen vehículos de todo tipo y características. La Administradora Boliviana de Carreteras de Bolivia (A.B.C.) para simplificar esa diversidad de vehículos los ha clasificado en 4 grupos.

#### **2.2.2.3. Clasificación según la (A.B.C.)**

Por la diversidad de vehículos existentes en nuestro país y para tratar de simplificar esta diversidad es que la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.) ha clasificado los vehículos del país en 4 grandes grupos de acuerdo a algunas características sobresalientes.

Todos los países prácticamente tienen sus propias clasificaciones de vehículos de acuerdo a los vehículos predominantes y a sus requerimientos viales.

La clasificación de la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.) es la siguiente:

- **VP** → Vehículos livianos como automóviles, camionetas, vagonetas, minibuses, etc.



Figura 2.8 Ejemplo de vehículo Tipo VP.

- **CO** → Vehículos comerciales de dos ejes, comprenden a camiones y autobuses comerciales, normalmente de dos ejes y 6 ruedas.



Figura 2.9 Ejemplo de vehículo Tipo CO.

- **O** → Automóviles de mayores dimensiones, y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de largas distancias y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud que las **CO** y pueden contar con 3 ejes.



Figura 2.10 Ejemplo de vehículo Tipo O.

- **SR** → Vehículo comercial articulado, compuesto normalmente de una unidad tractora y un semi – remolque o remolque de 2 ejes o más.



Figura 2.11 Ejemplo de vehículo Tipo SR.

**Tabla 2.3 Especificaciones técnicas de vehículos.**

<b>MODELO DE VEHICULO</b>	<b>LONG. (m)</b>	<b>ANCH. (m)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>DIST. ENTRE EJES (m)</b>	<b>PESO (kg)</b>
<b>TOYOTA COROLLA SEDAN</b>	4.540	1.760	1.470	2.600	1315
<b>TOYOTA COROLLA VERSO</b>	4.360	1.770	1.660	2.600	1370
<b>DAEWOO LANOS</b>	4.070	1.680	1.430	2.650	1005
<b>TOYOTA AUDI</b>	2.475	1.845	1.355	2.468	1260
<b>TOYOTA CELICA</b>	4.330	1.730	1.310	2.465	1100
<b>TOYOTA CORSA SEDÁN</b>	4.175	1.645	1.435	2.480	1110
<b>TOYOTA PICK-UP</b>	3,845	1,725	1,755	2.491	675
<b>TOYOTA FURGONETA</b>	3,840	1,720	1,750	2.468	700
<b>TOYOTA RAV 4</b>	4,395	1.815	1.720	2.560	1465
<b>TOYOTA LAND CRUISER</b>	4.365	1.790	1.850	2.815	1770
<b>NISSAN CENTRA</b>	4.567	1.790	1.512	2.810	1.290
<b>MICROBUS</b>	6.200	2.600	1.920	3.800	2238
<b>TOYOTA STARLET</b>	3.720	1.730	1.380	2.300	710
<b>TOYOTA KARINA</b>	4.540	1.760	1.500	2.600	1370

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de vehículos. Córdoba Argentina

**Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de tanques de GNV.**

<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Tanque (Kg)</b>	<b>Tipo de vehículo</b>
7.5	30	Automóvil pequeño y mediano
10	40	Automóvil grande
15	70	Vagoneta
20	80	Camioneta
25	100	Microbús
30	140	Minibús

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de YPF. La Paz Bolivia

### **2.2.3. La vía**

Es el elemento material fijo ya que su construcción o modificación requiere periodos largos de tiempo y grandes inversiones económicas. El principal problema de las redes viales urbanas es el desordenado crecimiento urbano y la desproporción del progreso técnico sufrido por los vehículos.

Desde el punto de vista del estudio de accidentes en el factor vía, se debe considerar principalmente: Control de accesos, intensidad de tráfico, velocidad, intersecciones, estado del pavimento.

#### **2.2.3.1. Elementos externos que modifican la vía**

Existen algunas condiciones que en ocasiones alteran el estado de la vía como ser:

##### **2.2.3.1.1. Condiciones atmosféricas**

Los factores que más afectan a las vías son:

- La lluvia.
- El granizo.
- La niebla.
- La oscuridad.
- El viento.

### **2.2.3.1.2. Los obstáculos**

La vía no puede aislarse de un entorno, ya que está influenciada por obstáculos que son puestos voluntariamente o involuntariamente por el hombre y/o por la naturaleza, y son causantes de accidentes. Los obstáculos visuales impiden que un conductor vea a otro, una señal, un automóvil circulando a contramano o un peligro potencial, por lo general estos obstáculos son: barreras, árboles, postes de luz o teléfono, señales de tránsito, propagandas etc.

### **2.2.3.1.3. Deslumbramiento**

Es un factor difícil de evaluar. En ocasiones se producen accidentes debido a la negligencia del conductor por no dar las luces de cruces. No todo deslumbramiento provoca un accidente, dependiendo de la situación, el ojo humano se adapta a las condiciones de luz existentes, salvo que la edad, enfermedad, o estado alcohólico distorsionen la capacidad de la vista existen tres tipos de deslumbramiento.

- Por luces fijas o por reflejos de los letreros luminosos y el alumbramiento vial, que puede cegar al conductor.
- Por el alumbramiento de faros frontales de los vehículos, especialmente cuando dos vehículos, están circulando en sentido contrario y con luces altas.
- Por el sol, se produce cuando éste da frontalmente al rostro del conductor cegándolo y haciendo invisible a los peatones, semáforos y otros coches que se aproximan.

Por lo expuesto anteriormente podemos concluir que el hombre es el protagonista principal y de su comportamiento depende la ocurrencia de un accidente.

El conductor, el vehículo, la vía con su contorno y los otros usuarios, dan al conductor diversas y cambiantes exigencias para probar su capacidad de actuación, por lo tanto si su capacidad es inferior a las exigencias requeridas se puede producir el accidente.

## **2.3. Clasificación de los accidentes**

### **2.3.1. Por su situación**

#### **a) Volcamiento lateral (Vuelco de tonel)**

Es la pérdida de la posición normal del vehículo, por uno de sus laterales.



Figura 2.12 Vuelco de tonel.

#### **b) Volcamiento longitudinal (Vuelco de campana)**

Es la pérdida de la posición normal del vehículo, en el sentido de su eje longitudinal.



Figura 2.13 Vuelco de campana.

### 2.3.2. Por sus resultados

#### a) Rozamiento

Es la fricción o contacto de la plancha metálica de un vehículo en movimiento con un vehículo u objeto fijo, comprometiendo la pintura y el material anticorrosivo del vehículo.

#### b) Roce

Es la fricción o contacto de planchas metálicas, de dos vehículos en movimiento, comprometiendo la pintura y el material anticorrosivo de los vehículos.

- **Positivo:** Cuando los vehículos circulan en sentido opuesto.

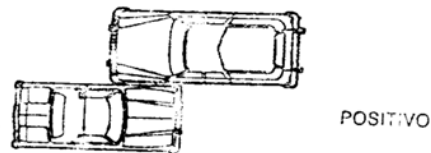


Figura 2.14 Colisión por raspado positivo.

- **Negativo:** Cuando los vehículos circulan en el mismo sentido.

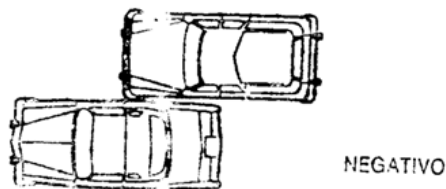


Figura 2.15 Colisión por raspado negativo.

### 2.3.3. Por el número de vehículos implicados

#### a) Choque o colisión

Es el impacto de dos o más vehículos en movimiento, o con un objeto fijo siendo la clasificación la siguiente:

➤ **Choque frontal longitudinal**

Cuando los ejes longitudinales de cada vehículo coinciden, formando una recta. Éste es uno de los accidentes más violentos y mortales, provoca lesiones en la cabeza y el tórax de conductores y pasajeros.

La causa principal por las que ocurren colisiones frontales es la invasión de carril izquierdo, la cual puede darse en los siguientes casos:

- Al girar a la izquierda.
- Al adelantar al ingresar nuevamente a la carretera después de haber salido de ella
- Al tomar una curva a mucha velocidad.
- Por descuido o fatiga del conductor.

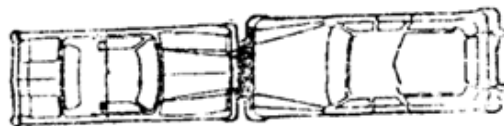


Figura 2.16 Choque frontal longitudinal.

➤ **Choque frontal excéntrico**

Cuando los ejes longitudinales de cada vehículo no coinciden, formando una paralela.

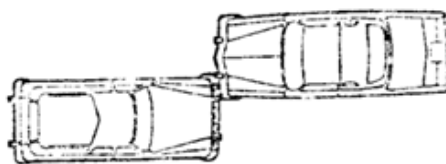


Figura 2.17 Choque frontal excéntrico.

➤ **Choque por alcance**

Cuando un vehículo a mayor velocidad impacta a un vehículo que lo antecede; es decir, cuando dos o más vehículos se colisionan de tal forma que la parte frontal de uno impacta contra la posterior del otro.

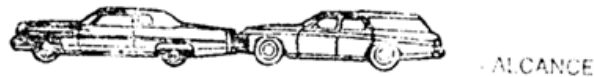


Figura 2.18 Choque por alcance.

➤ **Choque lateral perpendicular**

Cuando un vehículo impacta con la parte frontal a otro en el lateral, formando un ángulo de 90 grados y se subdividen en:

- **Anteriores**

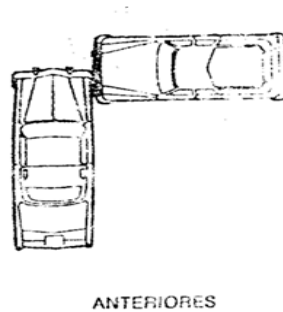


Figura 2.19 Choque lateral perpendicular anterior.

- **Centrales**

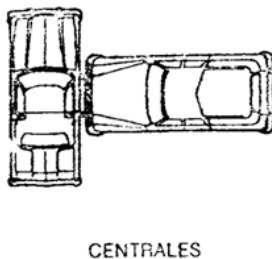
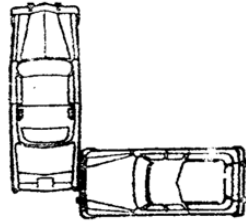


Figura 2.20 Choque lateral perpendicular central.

- **Posteriores**

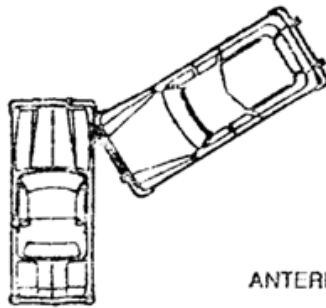


POSTERIORES

Figura 2.21 Choque lateral perpendicular posterior.

**Oblicuas:** Es cuando el ángulo que forman los ejes no es de 90° y se subdividen en:

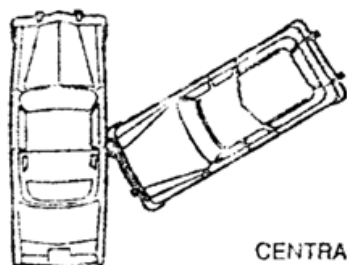
- **Anteriores**



ANTERIORES

Figura 2.22 Choque lateral oblicua anterior.

- **Centrales**



CENTRALES

Figura 2.23 Choque lateral oblicua central.

- **Posteriores**

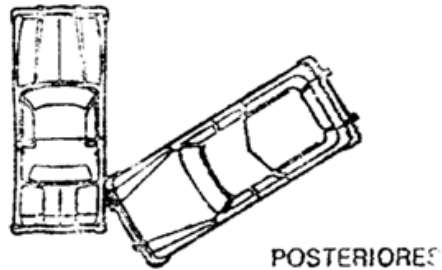


Figura 2.24 Choque lateral oblicua posterior.

- **Choque lateral angular**

Cuando un vehículo impacta con la parte frontal a otro en el lateral, formando un ángulo inferior a 90 grados.

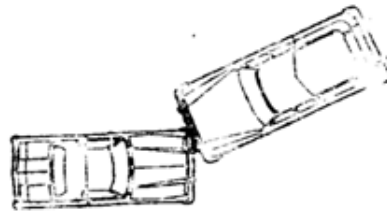


Figura 2.25 Choque lateral angular.

#### **2.3.4. Por el modo en que se producen**

##### **a) Caída de pasajero**

Es la pérdida de equilibrio del pasajero, resbalando del estribo del vehículo o del interior del mismo.

##### **b) Pérdida de la pista**

Es la salida de la calzada normal de circulación.

**c) Accidente de tránsito**

Esta definición se utiliza cuando el accidente, no encaja en alguno de los tipos de accidente mencionados anteriormente.

**d) Estrellamiento**

Es el impacto de un vehículo en movimiento con un vehículo u objeto fijo.

Se produce un choque con un elemento fijo, como ser árboles, muros, señales u objetos que forman parte de la infraestructura vial. También se considera choque a objeto fijo al encuentro violento de un vehículo en movimiento con otro estacionado.



Figura 2.26 Choque a objeto fijo.

**e) Atropello**

Es el impacto de un vehículo en movimiento a un peatón, un ciclista o un motociclista, existiendo proyección.



Figura 2.27 Etapas del atropello.

#### f) Arrollamiento

Es la compresión con una o más ruedas del vehículo a un peatón.

### 2.4. Educación vial para el peatón y el conductor

#### 2.4.1. Concepto

Es aquella que apunta a favorecer el conocimiento de las normas que regulan el tránsito así como aquella que tienda a promover conductas y hábitos positivos del comportamiento vial. Se debe realizar un plan de educación vial para niños, adolescentes y adultos, desarrollando así los conocimientos, actitudes y comportamientos seguros, responsables y solidarios en la vía pública. El capacitar al individuo y por ende a la comunidad, constituye una herramienta para mejorar la calidad de vida, aumentar la seguridad y lograr disminuir los accidentes.

#### **2.4.1.1. Reglas fundamentales de la educación vial**

Son las reglas que todo conductor y peatón deben conocer al momento de hacer uso de las vías.

##### **2.4.1.1.1. Conducción segura**

- Mentalizar el entorno donde estamos actuando como conductores, visualizar con mucha atención nuestro alrededor, utilizando espejos retrovisores y laterales, para así realizar una maniobra segura.
- Indicar con anticipación la maniobra utilizando los indicadores de dirección, para así prevenir a los demás usuarios y poder circular con eficiencia en la vía.
- Realizar maniobras sin dudas evitando el peligro a los demás usuarios, respetando las señales de tránsito, así evitaremos frenazos bruscos.

##### **2.4.1.1.2. Determinación de la velocidad**

Con el aumento gradual de la velocidad en un vehículo, las posibilidades de recuperar el control son muy difíciles.

##### **2.4.1.1.3. Factores que afectan a la velocidad**

Los factores que afectan la velocidad del vehículo son:

- Comportamiento del conductor
- Características de la vía
- Características del vehículo
- Situaciones meteorológicas

##### **2.4.1.1.4. Adelantamiento de los vehículos**

Al realizar esta maniobra debemos estar conscientes de lo peligrosa que es, efectuarla con rapidez, sin brusquedad y con una reserva de aceleración máxima, para lograr nuestro objetivo con seguridad, se debe realizar en tramos permitidos y con visibilidad suficiente. No olvidar de tener una distancia adecuada con respecto al vehículo que se pretende adelantar ni muy cerca porque un frenazo podría ocasionar

una colisión, ni muy lejos porque podría tomarnos más tiempo en adelantarnos, poniendo en riesgo al conductor en sentido contrario.

#### **2.4.1.1.5. Distancia de seguridad**

Debemos calcular la distancia tomando en cuenta la velocidad, la condición de frenado y de adherencia del vehículo, puesto que la distancia que tomemos como referencia debe permitir detener el vehículo en caso de algún frenazo repentino. La distancia a guardar debemos calcularla 0,5m por cada kilómetro hora de velocidad, con lo que si circulamos a 80km/h la distancia que debemos guardar es de 40 m. Donde los 0,5m es un constante establecida por las leyes de tránsito en Bolivia.

#### **2.4.1.1.6. Preferencias**

En las intersecciones donde no se encuentren semáforos o señalizaciones, los conductores deben ceder el paso, a todos aquellos vehículos que se aproximen por su derecha. En rotondas tendrán preferencia los que se encuentren circulando en su interior. Tienen preferencia los vehículos que se encuentren circulando por una calle asfaltada, mientras que los vehículos que no se encuentren circulando por la misma no. Tienen preferencia los vehículos que se encuentren circulando en una autopista, los que se van a incorporar deben tener mucho cuidado y respetar a los vehículos que se encuentran en altas velocidades.

#### **2.4.1.2. Factores condicionantes**

Son aquellos factores por los que se produce un accidente.

##### **2.4.1.2.1. Medicamentos**

Está contraindicada la utilización de medicamentos en el momento que se va a conducir puesto que los medicamentos son sedativos.

##### **2.4.1.2.2. Alcohol**

Disminuye la capacidad de conducción, la visión y la capacidad de reacción. La alcoholemia alcanza su punto máximo 1 hora después de la última copa ingerida ver (Anexos).

#### **2.4.1.2.3. Drogas**

Es prohibido conducir después de haber ingerido estupefacientes pues afectan la capacidad de conducción, coordinación de movimientos, al equilibrio y reflejos. Afecta directamente la personalidad del conductor, siendo este más agresivo e intimidando su vida.

#### **2.4.1.2.4. La distracción**

Según estadísticas que se obtuvo del Organismo Operativo de Tránsito el 25% de los accidentes registrados en el último quinquenio, es a causa de las distracciones lo cual quiere decir que conducir por el camino ya no es una experiencia solitaria y tranquila. Hoy en día, con la vida tan atareada que tenemos todos, prestar atención mientras se conduce puede ser difícil. Las imágenes, los sonidos, celulares, estéreos, niños llorando, discusiones familiares, equipos de sonido en las vías, y entre problemas personales son distracciones al conducir.

Puesto que no estamos concentrados en lo que estamos realizando en ese instante esto hace, una conducción muy estresante y fastidiosa, fatigando por completo nuestra concentración. La atención puede distraerse por sólo una fracción de segundo, produciendo un retraso en la obtención de la información necesaria para conducir de forma segura, las variables tan cambiantes del camino y objetos o personas y los demás vehículos desvían la atención del conductor esto pueden hacerlo vulnerable a sufrir un accidente.

##### **2.4.1.2.4.1. Tipos de distracción**

Los tipos de distracción pueden ser interna y externa:

**Interna.** Incluye todo lo que se produce en el interior del vehículo, incluso las propias acciones del conductor y acompañantes.

**Externa.** Se trata de todos aquellos sucesos que se producen fuera del vehículo, como podrían ser las condiciones meteorológicas, los carteles de publicidad o las obras.

#### **2.4.1.2.5. El Estrés**

Tensión provocada por situaciones agobiantes que originan reacciones psicosomáticas o trastornos psicológicos a veces graves.

##### **2.4.1.2.5.1. Las Causas**

Son el medio donde nos encontramos como: calor, frío, ruido y tráfico. En lo personal nos puede afectar también el trabajo, la ira, sentimientos y emociones.

##### **2.4.1.2.5.2. Las Consecuencias**

Se pueden dar por problemas de visión en la noche, cuando llueve o en el camino con neblina. Por la falta de atención a la conducción segura, temores o dolores de cabeza, fatiga, actitudes depresivas. Las preocupaciones y la agresividad con los otros conductores, peatones o pasajeros afectan la conducción de un vehículo.

#### **2.4.1.2.6. El Sueño**

- Aumenta la distracción.
- Pérdidas de atención con respecto a la trayectoria de la vía.
- Disminución de la percepción de señales de tránsito, luces y objetos en movimiento.
- Disminuye la capacidad de reacción.

##### **2.4.1.2.6.1. Provocación del sueño**

- A mayor fatiga, mayor sueño.
- Cuando no existe ventilación en el vehículo provoca un estado de adormecimiento.
- Los viajes en carreteras largas provocan monotonía en la conducción provocando sueño a los conductores.
- Escuchar música relajante durante mucho tiempo.

#### **2.4.1.2.6.2. Evitar el sueño**

- En viajes largos realizar paradas frecuentes por lo menos cada dos horas, bajarse del vehículo y realizar ejercicios para brazos y piernas relajando así los músculos.
- Dormir las horas reglamentarias en nuestros hogares, para en el momento de conducir evitar el cansancio acumulado.
- Evitar música relajante e ingerir comidas pesadas antes de conducir, puesto que el organismo se distraerá y provocará somnolencia en los conductores.
- Refrescarse con agua y si tiene compañía conversar para mantenerse mentalmente activos mientras conduce.

#### **2.4.1.3. Frenar a tiempo**

##### **2.4.1.3.1. En vehículos sin ABS**

Al pisar el pedal del freno el efecto inmediato será el bloqueo de las ruedas y un alargamiento de la frenada podremos perder la dirección del vehículo, siguiendo este su propia inercia. Para evitar el bloqueo de las ruedas y la dirección del vehículo debemos realizar menor presión sobre el pedal. Evitar los frenazos bruscos puesto que el vehículo podría derrapar.

##### **2.4.1.3.2. En vehículos con ABS**

ABS es la abreviatura en inglés de **sistema de frenado antibloqueo**, es un sistema diseñado para ayudar a los conductores a mantener cierta capacidad de maniobrabilidad y evitar deslizamientos mientras frenan, especialmente en circunstancias de lluvia, humedad, nieve, barro etc. En las que es común que una rueda se bloquee, perdiendo el control del vehículo, con muchísimo riesgo de accidente grave. En la mayoría de los autos y vehículos de pasajeros multiuso, funciona en las cuatro ruedas. Esto promueve la estabilidad direccional y permite maniobrar mientras se aprovecha al máximo el frenado. El ABS usa sensores de velocidad en las ruedas para determinar si una o más ruedas están por bloquearse durante el frenado. Si una rueda está a punto de bloquearse, una serie de válvulas

hidráulicas limitan o reducen el frenado en esa rueda. Esto evita que la rueda se bloquee y patine, y permite que usted tenga el control de la maniobra. Dado que el ABS no permite que la rueda deje de girar, usted puede frenar y maniobrar al mismo tiempo. La capacidad de frenado y maniobrabilidad del vehículo está limitada por la capacidad de adherencia que tiene el neumático.

#### **2.4.1.4. Tomar una curva**

##### **2.4.1.4.1. Aproximarse a una curva**

A la entrada de una curva se informa al conductor signos con flechas direccionales, cuantas más señales encuentre en la curva, más peligrosa esta se presenta. Realizar un breve examen visual de las características de la curva. Estudio mental del radio de la curva, estado de la calzada y peralte. Anticipar nuestra maniobra, reducir la velocidad, alzar el pie del acelerador y pisar un poco el pedal del freno, caso contrario utilice el freno de mano, cambiando a una marcha más fuerte.

##### **2.4.1.4.2. Dentro de la curva**

Respetar la limitación de la velocidad impuesta por las leyes de tránsito.

Girar el volante suavemente a las necesidades del conductor, siguiendo la señalización de la carretera, para que el vehículo se mantenga en el carril.

Ahora debemos pisar nuevamente el pedal del acelerador así las ruedas tienen mejor agarre y evitan patinar.

##### **2.4.1.4.3. Acelerar en la curva**

El peso del vehículo recaerá sobre el eje trasero, lo que perderá direccionalidad, por lo que se recomienda controlar la maniobra. Cuando el vehículo este ya apoyado sobre las ruedas exteriores ira acelerando progresivamente hasta salir de la curva. Cambie a una marcha más fuerte para salir de la curva.

##### **2.4.1.5. Circulación y señales de tránsito**

El vehículo fue creado con el objetivo de facilitar las labores cotidianas del hombre. Sin embargo, el abuso en su consumo ha generado múltiples problemas sociales y

económicos en nuestra sociedad. Es necesario que se amplíen procesos de capacitación para los policías y reciban el conocimiento preciso sobre las leyes de tránsito y ellos se comprometan a difundirlas a través de talleres, foros para así poder cambiar la mentalidad; de todas las personas que poseen un vehículo y para eso se deben conocer las señales de tránsito presentadas a continuación:



Figura 2.28 Señales restrictivas.

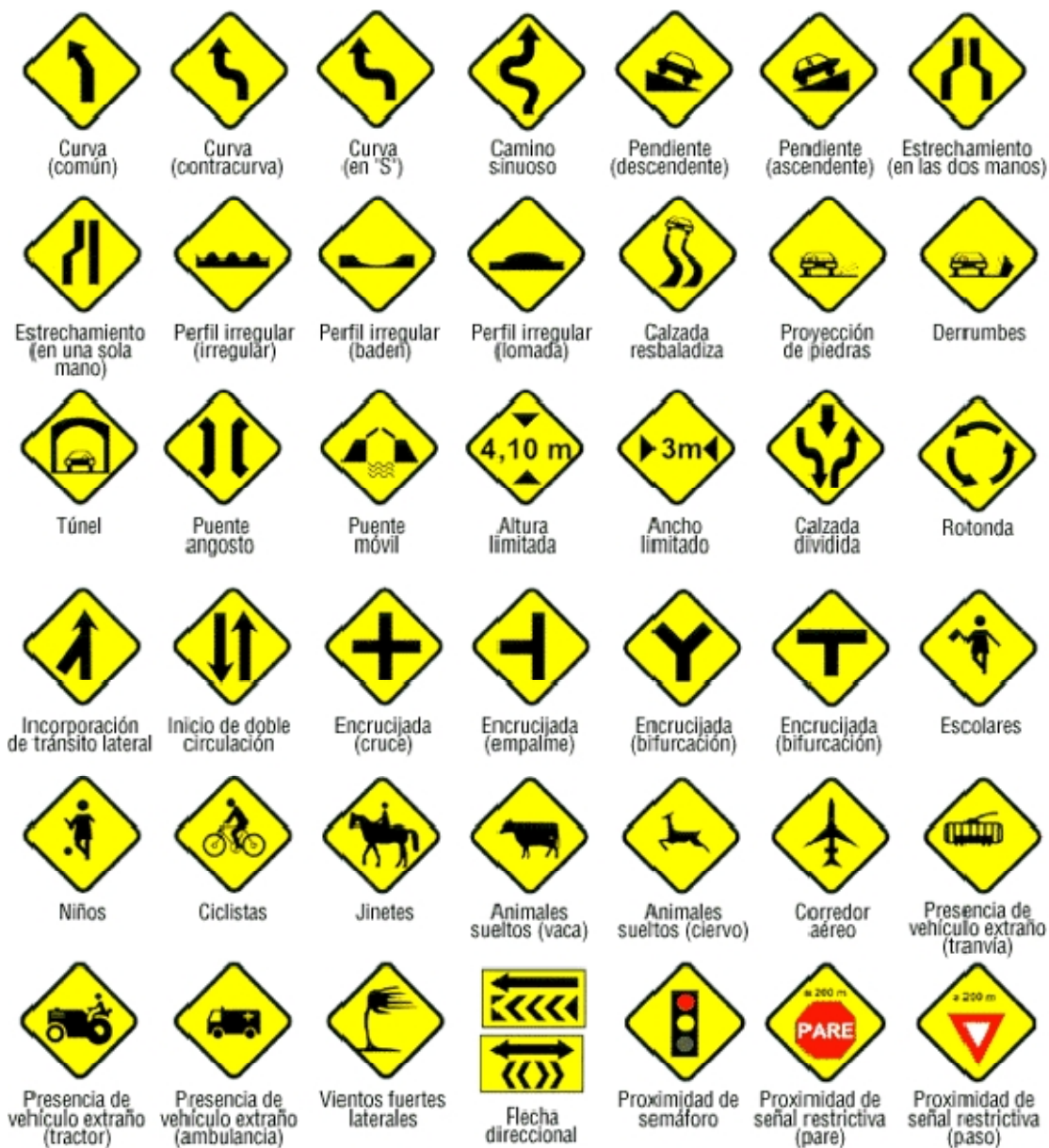
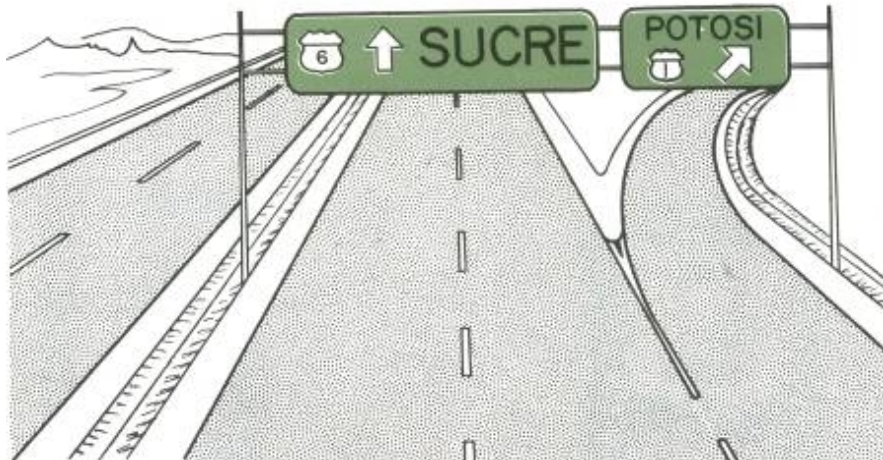


Figura 2.29 Señales preventivas.



Estacionamiento permitido

Servicio telefónicos

Servicios mecánicos



SI - 1



SI - 2



SI - 3

Figura 2.30 Señales informativas.

## **2.4.2. Ley de tránsito**

Debemos respetar las leyes de tránsito, para que no aumenten los problemas de inseguridad vial, esto invita a concientizar a las autoridades competentes ejerciten plenamente sus competencias de gestión y fiscalización y tomen diligentemente las medidas preventivas definidas, controlen las infracciones tipificadas de conductores y peatones y hagan respetar las normas en el Reglamento y Código de Tránsito de Bolivia.

### **2.4.2.1. El tráfico, prevención, accidente de tránsito**

El tráfico tiene una notable incidencia en la salud pública y afecta a todos especialmente a los conductores que después de largas esperas, la mayoría de las veces innecesarias, se ven afectadas en sus sistemas nerviosos. El tráfico mismo genera condiciones que afectan a la salud siendo las más importante el ruido y la contaminación atmosférica.

#### **2.4.2.1.1. Prevención y responsabilidades**

- Como prevenir accidentes de tránsito. El accidente de tránsito es la 1ª causa de fallecimiento entre adolescentes y adultos jóvenes. Según el Organismo Operativo de Tránsito, el 90% de los accidentes de tráfico son debidos al fallo humano e incluso: alcohol, exceso de velocidad, caso omiso de las señales, distancias inadecuadas, consumo de drogas, medicamentos, fatiga, distracción, etc.
- La conducción con ingesta de fármacos, límites altos de alcohol o alguna sustancia tóxica, se convierte en algo peligroso a la hora de manejar, los reflejos, las coordinaciones del cuerpo se ven alteradas y es más que probable que pueda tener un accidente produciéndose herida o lesiones tanto el conductor como a tercero. Si usted se encuentra en algunas de estas situaciones no conduzca.
- Conduzca manteniendo la distancia con el vehículo de adelante.
- Respete las indicaciones viales.
- Conduzca siempre a la defensiva.
- Conduzca con el cinturón de seguridad puesto, y que el mismo, se encuentre bien anclado.

- En los días de lluvia, neblina, mantenga el doble de distancia que los días normales con el vehículo de adelante y esté preparado para cualquier imprevisto.
- No permita que los menores viajen en la parte delantera del habitáculo menos aún si no están amarrados al cinturón de seguridad.
- Si su vehículo tiene el dispositivo “Airbag” este es más peligroso cuando se usa sin el cinturón de seguridad puesto, de lo contrario puede ocasionarle serias heridas o lesiones, este dispositivo fue diseñado para coadyuvar al cinturón de seguridad, pero por ningún aspecto lo reemplaza el uso de los dos dispositivos ayudará a que usted sufra menos posibilidades de lesiones graves ante un impacto.
- En los caminos de curvas recuerde que el exceso de velocidad, lo puede hacer llevar a la calzada contraria o hacia la cuneta, por el solo efecto de la fuerza centrífuga, disminuya la velocidad cuando este cerca a una curva.
- Cuando se encuentre detenido en un cruce de calle para abandonar la calzada, mantenga las ruedas derechas mientras espera, esto evitara que si algún vehículo lo choca por detrás no lo envíe a la calzada contraria, y se vea involucrado en un accidente más grave.
- No permita que su hijo conduzca el vehículo, si él no está habilitado.
- Recuerde mientras conduce, fumar, conducir hablando por teléfono celular, por radio e incluso tomando alguna bebida puede ser peligrosos, esto disminuye la concentración de la conducción e incluso por consecuencia los reflejos.
- Tenga a su vehículo, con un mantenimiento técnico básico y adecuado esto implica, tener frenos que al accionarlos detenga adecuadamente sin que se cruce el auto y con una distancia de frenado adecuada a la velocidad que circula, los neumáticos, deben estar inflados y en buenas condiciones, un reventón puede ocasionar que pierda el control de su vehículo súbitamente y le permitirá una mejor respuesta a la hora de frenar, las luces deben funcionar adecuadamente y estar orientada de forma que pueda ver bien el camino y de no enceguecer al que viene de frente.
- Qué hacer cuando usted está involucrado en un accidente para esto, debemos primero comprender ciertas cuestiones que hacen a la seguridad y a la prevención,

cuando el accidente se formó, cualquiera sea la causa y en la mayoría de los casos reinará el caos en poco segundo y muchas veces por la personas que no están directamente relacionada al mismo, la importancia de los servicios de Emergencias en el lugar y que estos estén a la brevedad, es que estos podrán en marcha su maquinaria interna dado que estas instituciones están organizados internamente para actuar donde el caos y el desastre ya está establecido y en muchos casos fuera de control.

#### **2.4.2.1.1.1. Plan para evitar accidentes**

- Los accidentes de tráfico son una importante causa de mortalidad, morbilidad e invalidez en nuestro medio. Como afectan principalmente a la población joven, reducen de forma considerable los años potenciales de vida.
- Hay cinco medidas que si son implementadas a nivel mundial, podemos salvar cientos de miles de vidas cada año.

Estas son: el uso de cinturones de seguridad, uso de cascos de ciclistas y motociclistas, control de la velocidad y del consumo de alcohol y visibilidad de los peatones.

- También es necesario un mayor fortalecimiento de las leyes contra los conductores que beben alcohol. Pero quizás lo más importante, son las campañas de educación para cambiar las actitudes de los usuarios jóvenes de carreteras y caminos.
- En la actualidad según informes técnicos la principal causa de muerte en Tarija son los accidentes de tránsito y en segundo lugar están las enfermedades cardiovasculares.

#### **2.4.2.1.1.2. Aspectos preventivos**

- La eficacia en la actuación sobre los factores de riesgo ambientales es variable, tratar de controlar la velocidad durante una neblina o una lluvia es una responsabilidad de cada conductor. Es recomendable, el adecuado estudio de los factores que causan los accidentes de tránsito, esto se debe de realizar con la participación de toda la ciudadanía.
- La eficacia en las mejoras en el diseño de seguridad de vehículos, esto implica la revisión diaria del automóvil tomando en cuenta la revisión de los frenos, las

llantas, el aceite, el combustible, las correas de seguridad, la silla para los bebés, está demostrada que con la aplicación de medidas preventivas nos evitamos muchos accidentes.

- Pero los factores de riesgo conductuales son los más importantes en la causalidad de los accidentes de tráfico y en su control tienen la máxima relevancia el consejo de sus padres y los instructores, es importante la conducta responsable de cada individuo.
- La prevención, en materia de accidentes de tránsito, debe entenderse desde el estudio multifactorial de las causas, carretera, vehículo e individuo; la conjunción de todos estos factores es lo que provoca elevadas cifras de muertos en la circulación. Esto implica la construcción de buenas carreteras, amplias, bien señalizadas, con buenas luminarias.
- Ajustarse al tiempo y espacio en las etapas de exploración y aprendizaje gradual, formarán parte de la adaptación al medio y la socialización del individuo. De allí, la importancia de orientar y ajustar la educación vial, al verdadero ámbito en que se pueda desarrollar el hombre, de acuerdo a su edad y nivel de responsabilidad, profundizando los temas acordes a su alcance y su forma o medio de movilidad, teniendo especial trascendencia las necesidades que le impone su forma de vida, que será particular en cada región, medio sociológico y nivel económico.
- Tenemos la obligación de fomentar la preservación de la infraestructura vial, tanto urbana como rural, la conservación del sistema de señales, el respeto por la forestación y la educación vial.
- La prevención es un plan de acción diseñado para disminuir la accidentalidad vial mediante un cambio de comportamiento en los usuarios de la vía.
- Otras soluciones de diagnóstico, como la capacitación y el seguimiento dirigido a conductores de vehículos debe ser obligatorio.
- La vigilancia en las calles de parte de oficiales de la policía, también es una medida para prevenir accidentes de tránsito, la responsabilidad del oficial de tránsito es algo fundamental para prevenir los accidentes.

- Buena parte de los accidentes de tránsito podrían evitarse si los conductores adoptaran las consignas del manejo defensivo.
- El Manejo defensivo se basa en la premisa de que no importa qué hagan los otros autos, la seguridad propia depende de uno mismo.
- Con los vehículos detenidos, es necesario mantenerse a una distancia que nos permita ver el contacto de las ruedas del auto próximo con el suelo y así evitar choques en cadena o colisiones si el otro conductor acciona la marcha atrás por error.
- Uso de los espejos retrovisores: la forma adecuada de regular los espejos laterales es que en ambos se pueda ver los laterales del auto. Bien colocados son más confiables que el espejo interior, que posee muchos espacios ciegos.
- La iluminación de las vías merece especial atención en el tránsito vehicular. Cuando la densidad de vehículos es alta, este aspecto adquiere mayor importancia y se constituye en un factor muy influyente en la seguridad de la vía. Acciones ejecutadas en otros países, para dotar las vías de un buen sistema de alumbrado, han demostrado que es posible, con esto, reducir hasta un 30% la incidencia nocturna de accidentes.

Hay varios criterios técnicos que son usados para evaluar la calidad del alumbrado, desde el punto de vista de la seguridad en el manejo. Entre los más importantes tenemos la eficiencia de la geometría de la instalación para la orientación visual, apariencia y rendimiento en color, nivel de luminancia y uniformidad del patrón de luminancia. El criterio de eficiencia de la geometría de la instalación para la orientación visual consiste en ubicar la infraestructura y sus luminarias, de tal manera que transmitan al usuario una imagen que le ayude a identificar el curso de la vía. El criterio de apariencia y rendimiento en color es algo que remite al tipo de luminaria que se empleará.

Esto por cuanto los fabricantes ofrecen lámparas para alumbrado público que difieren en la composición espectral de la luz que emiten, con lo cual su apariencia de color y rendimiento de color son también distintos. Todo esto influye en el conductor en aspectos tan importantes como la distancia de visibilidad, agudeza visual, rapidez de

percepción, deslumbramiento molesto, recuperación al deslumbramiento y capacidad de distinguir los colores. Así es como para iluminar una carretera se recomienda emplear un tipo de luminaria diferente al de una vía urbana. El criterio de nivel de luminancia consiste en proveer a la vía de luz suficiente para que los conductores tengan seguridad de percepción. La uniformidad del patrón de luminancia es la distribución de la luz, de tal manera que el contraste luz-sombra sea lo más bajo posible. Esto es que no haya puntos muy bien iluminados y puntos muy oscuros en la vía, sino una adecuada distribución de la luz. En nuestro país, los organismos encargados de suministrar el servicio de alumbrado público no consideran criterio alguno de seguridad en el tránsito vehicular en la instalación de dicho servicio.

Por esta razón, existen deficiencias en el sistema de iluminación, desde el punto de vista de seguridad en el tránsito. Esto aumenta la peligrosidad de conducir en horas de la noche. Proporcionalmente al número de vehículos que transitan por la noche con respecto al día.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE PERITAJE DE ACCIDENTES DE TRÁFICO**

#### **3.1. Introducción**

El peritaje de accidentes de tráfico, es el seguimiento que se hace cuando ocurre un accidente o siniestro, es decir se emplean conocimientos y técnicas aplicando métodos que existen en manuales; lamentablemente en nuestro medio no existe un manual en específico por el cual pueda basarse para realizar el peritaje de accidentes de tráfico o la reconstrucción del mismo, por lo que para realizar el presente estudio se basará en la norma de peritaje de accidentes de tráfico de la república Argentina, en métodos que nos proporcionan la bibliografía consultada e indicaciones de los técnicos de tránsito “Oficiales de policía”.

#### **3.2. El perito**

Es la persona encargada “Oficial de Policía” en realizar el análisis técnico metodológico, determinación del grado de culpabilidad de las personas involucradas en un siniestro y causa del mismo, el perito realiza estudio de la mecánica del accidente, cálculos matemáticos y físicos para determinar velocidades a las que se desplazaban los vehículos involucrados en el accidente, inspección ocular y visita del lugar del accidente, estudio de indicios, choques, colisiones entre vehículos.

El perito “Oficial de Policía”, también se encarga del reconocimiento e identificación numérica de vehículos y está capacitado para realizar un informe, con todas las observaciones realizadas en el momento del accidente.

#### **3.3. Conocimiento sobre los accidentes de tránsito**

Accidente de tránsito, es cualquier suceso eventual que altere el orden regular de las cosas o de las personas; participación de vehículos y peatones. Donde existan fallas mecánicas, que aflora como una alteración eventual del orden regular y significa también una alteración o indisposición que priva del movimiento.

### **3.3.1. Evolución del accidente**

Es en período corto durante el cual se aprecian situaciones correlativas hasta llegar al resultado. Estas situaciones dependen de factores temporales y espaciales; temporales corresponde a segundos o fracciones de segundo en que las personas actúan de determinadas maneras y espaciales que está referido a lugares o zonas donde los hechos se producen.

### **3.3.2. Fases de percepción, decisión y conflicto**

El accidente de tránsito no se produce instantáneamente, sino que trata de una evolución que se desarrolla en dos dimensiones físicas, es decir en el espacio y tiempo. Estas fases son apreciadas en el momento en que un conductor encuentra en la vía un obstáculo, o se presenta ante él un peligro súbito; lo primero que hace después de una rápida evaluación de las circunstancias, es decidir la maniobra que le parezca más conveniente a fin de sortear la emergencia.

#### **3.3.2.1. Fase de percepción**

Es la fase donde cualquiera de los participantes, o usuarios de la vía, percibe un riesgo (Punto de Percepción Posible) y así mismo el riesgo es comprendido como un peligro (Punto de Percepción Real). Este último punto de percepción puede variar en cada persona, ya que puede estar influido por reflejos motivados por sensibilidad especial, o por la práctica, produciendo una rápida respuesta al estímulo, sin que haya una percepción exacta del peligro. Igualmente se debe tener en claro que para un conductor que viaja a determinada velocidad, presentará un amplio ángulo de visión clara siempre y cuando pueda realizar movimientos de la visión hacia los laterales, teniendo en cuenta que a mayor velocidad no se presenta este movimiento, solo se observa un punto lejano y el ángulo visual claro queda reducido en sus 10 grados.

#### **3.3.2.2. Fase de decisión**

Esta fase inicia después de la fase de percepción. Es la reacción de la persona frente al estímulo del peligro percibido o inminencia del accidente. En algunos casos no existe esta fase, solo se origina la fase de percepción y de conflicto o accidente.

### **3.3.2.2.1. Punto de reacción**

Es el sitio donde una persona responde al estímulo generado por la percepción del peligro e inicia una valoración rápida de la maniobra a ejecutar para evitar o minimizar el accidente. Durante el breve análisis que realiza la persona para seleccionar una maniobra, se utiliza un determinado tiempo (tiempo de reacción), tiempo durante el cual un conductor no ha ejecutado la maniobra y su vehículo continúa en movimiento, recorriendo una distancia (Distancia de Reacción) la cual se determina de acuerdo con el tiempo utilizado para analizar y evaluar el peligro (0,8 y 1,3 segundos para personas en estado alerta) y la velocidad del vehículo. Un ejemplo sencillo es cuando se viaja en un vehículo a una velocidad de 60 Km/h y su conductor reacciona ante un peligro durante un tiempo máximo de un (1) segundo. La distancia de reacción recorrida por el vehículo será de mínimo 16,66 metros. Posteriormente a esta distancia se debe tener en cuenta la distancia recorrida por el vehículo durante la maniobra ejecutada. Si la maniobra seleccionada ha sido frenar, el vehículo necesitará como mínimo una distancia de 18,00 metros dependiendo de las condiciones y características de la superficie vial en la cual realizar el bloqueo efectivo de sus llantas. Un vehículo que viaja a 60 Km/h en condiciones normales de visibilidad, superficie asfalto seco, y tiempo de reacción del conductor en un (1) segundo, el vehículo necesitará una distancia mínima total de 34,00 metros para detenerse y evitar el accidente.

### **3.3.2.3. Fase de conflicto**

Fase en la cual se produce físicamente el accidente, y comprende el último periodo de la evolución a pesar de realizar alguna maniobra evasiva (frenar o girar), las que si bien pueden reducir la gravedad del accidente no fueron suficientes, adecuadas u oportunas para lograr evitarlo.

En la fase de conflicto, dependiendo del punto y lugar de impacto, características de masas, velocidad, entre otros, se generen movimientos o características cinemáticas que determinan la posición final de las masas.

### **3.3.2.3.1. Punto de conflicto o de impacto**

Es aquel en que se consuma el accidente. Es decir aquel punto en que se produce el primer contacto entre los elementos que intervienen aún cuando no es fácil determinarlo esto, se hace a partir de las huellas, indicios y posición de los vehículos al producirse el primer contacto.

### **3.3.2.3.2. Zona de impacto**

Se utiliza cuando no se puede determinar un punto y corresponde aquella zona en que inevitablemente el hecho se produce.

## **3.4. Fuerzas y factores que intervienen en el accidente**

### **3.4.1. Fuerzas que intervienen en el accidente**

#### **3.4.1.1. Gravedad**

Es la fuerza que atrae todos los cuerpos que se encuentran sobre la tierra o en sus proximidades.

#### **3.4.1.2. Centrifuga**

Es una fuerza externa que a medida que la velocidad aumente en una curva, esta fuerza aumenta, así también aumenta si el peso y tamaño del vehículo es mayor. Si el radio de la curva es mayor, por el contrario, la fuerza centrífuga será menor, fuerza que se manifiesta en el momento curvilíneo y que tiende a separar un cuerpo del centro de la curva.

### **➤ Estabilidad de un vehículo**

A continuación se describe la dinámica del movimiento circular de un vehículo que describe una curva sin peralte.

Primero, consideramos el vehículo como una partícula. Luego, estudiamos la estabilidad de un vehículo con unas determinadas dimensiones y con una determinada distribución de carga.

### a) Curva sin peralte

Un automóvil describe una trayectoria circular de radio  $R$  con velocidad constante  $v$ . Una de las principales dificultades que se presenta a la hora de resolver este problema es la de separar el movimiento tangencial (uniforme con velocidad constante) del movimiento radial del vehículo que es el que trataremos de estudiar.

#### ➤ Fundamentos físicos

Suponemos que el vehículo describe una trayectoria circular de radio  $R$  con velocidad constante  $v$ . Para un observador inercial, situado fuera del vehículo, las fuerzas que actúan sobre el móvil son:

- ✓ El peso
- ✓ La reacción de la carretera
- ✓ La fuerza de rozamiento.

Esta última, es la que hace que el vehículo describa una trayectoria circular.

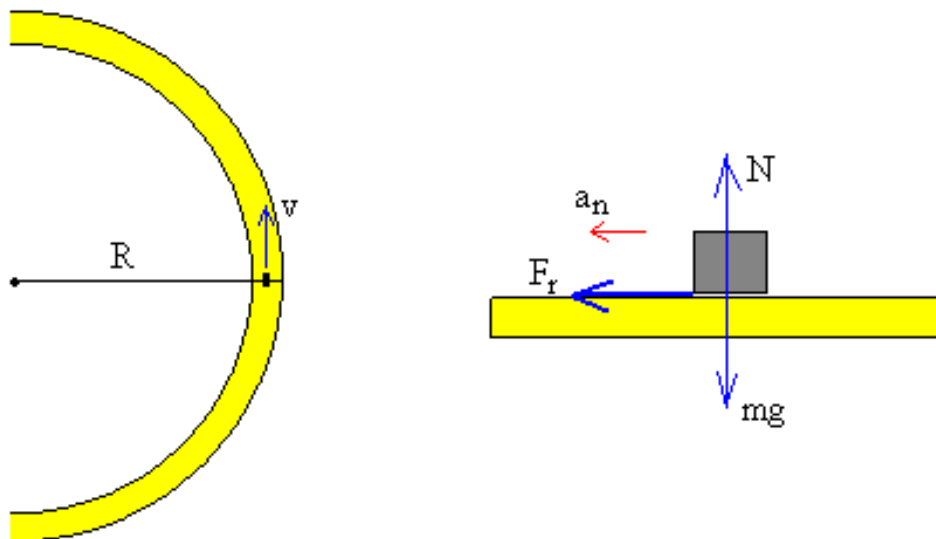


Figura 3.1 Fuerzas que actúan en un vehículo.

Como hay equilibrio en sentido vertical la reacción del plano es igual al peso

$$N=mg \quad (3.1)$$

Aplicando la segunda ley de Newton al movimiento en la dirección radial

$$F_r = m\alpha_r \quad F_r = m \frac{v^2}{R} \quad (3.2)$$

Siendo  $v$  la velocidad del móvil y  $R$  el radio de la circunferencia que describe

A medida que se incrementa la velocidad  $v$ , se incrementa la fuerza de rozamiento  $F_r$  hasta que alcanza un valor máximo dado por el producto del coeficiente de rozamiento estático por la reacción del plano,  $\mu N$ .

La velocidad máxima  $v$  que puede alcanzar el vehículo para que describa una curva circular de radio  $R$  es, por tanto:

$$m \frac{v^2}{R} = \mu N \quad v = \sqrt{\mu g R} \quad (3.3)$$

A medida que se aumenta la velocidad del móvil, la fuerza de rozamiento crece hasta alcanzar el valor máximo  $\mu N$ , la trayectoria del vehículo es una circunferencia.

Si la velocidad del móvil es superior a la máxima, la fuerza de rozamiento, que es perpendicular al vector velocidad, tiene un valor constante e igual a su valor máximo, la trayectoria del móvil deja de ser circular. Para simplificar el problema hemos supuesto que los coeficientes de rozamiento estático y cinético tienen el mismo valor.

### **b) Curva con peralte**

Consideremos ahora el caso de que la curva tiene un peralte de ángulo  $\theta$ .

Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son las mismas que en el caso de la curva sin peralte, pero con distinta orientación salvo el peso.

- El peso  $mg$
- La fuerza de rozamiento  $F_r$

➤ La reacción del plano  $N$

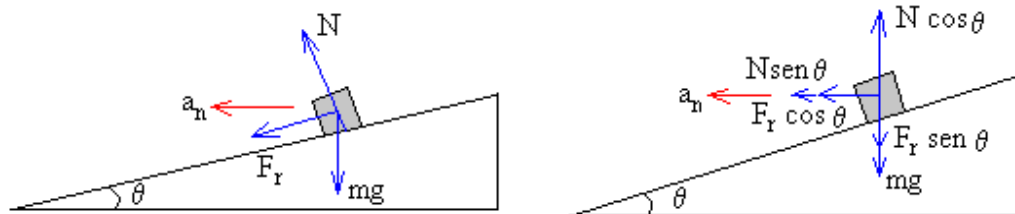


Figura 3.2. Fuerzas que actúan en un vehículo en una curva con peralte.

En la figura de la izquierda, se muestran las fuerzas y en la figura de la derecha, se ha sustituido la fuerza de rozamiento  $F_r$  y la reacción del plano  $N$  por la acción simultánea de sus componentes rectangulares.

Una de las dificultades que se tiene es la de situar correctamente la aceleración normal,  $a_n$  que suelen ponerla paralela al plano inclinado, en vez de horizontal. Entonces se les muestra que la circunferencia que describe el vehículo es una sección cónica cortada por un plano perpendicular al eje del cono y por tanto, el centro de dicha circunferencia está situada en dicho plano y no en el vértice del cono.

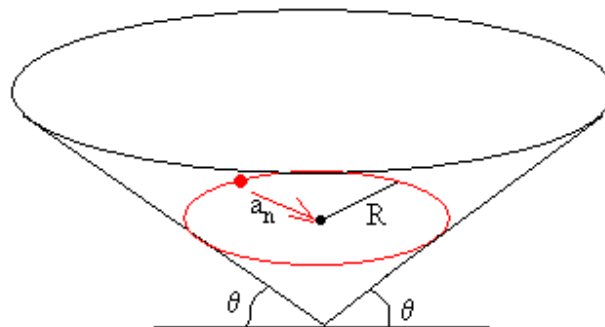


Figura 3.3 Aceleración normal en una sección cónica.

En el eje vertical no hay aceleración, tenemos una situación de equilibrio

$$N \cos \theta = F_r \sin \theta + mg \quad (3.4)$$

En el eje horizontal, aplicamos la segunda ley de Newton para el movimiento circular uniforme

$$N \sin \theta + F_r \cos \theta = mv^2/R \quad (3.5)$$

El vehículo comienza a deslizar en la dirección radial, cuando lleva una velocidad tal que  $F_r = \mu N$ . En el sistema de dos ecuaciones

$$N(\cos \theta - \mu \sin \theta) = mg \quad (3.6)$$

$$N(\sin \theta + \mu \cos \theta) = mv^2/R \quad (3.7)$$

Despejamos la velocidad máxima  $v$  que puede llevar el vehículo para que describa la curva con seguridad

$$v = \sqrt{Rg \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}} \quad (3.8)$$

Desde el punto de vista del observador no inercial que viaja en el vehículo, las fuerzas que intervienen son:

- El peso  $mg$
- La fuerza de rozamiento  $F_r$
- La reacción del plano  $N$
- La fuerza centrífuga  $F_c = mv^2/R$

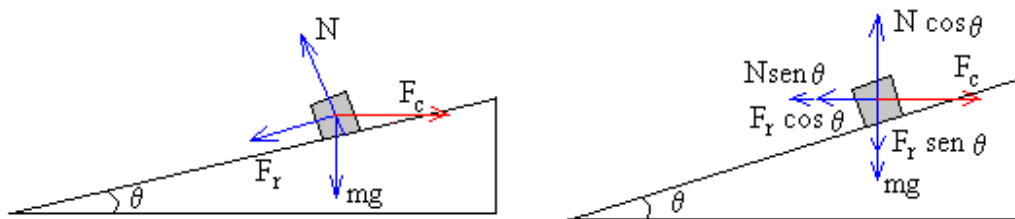


Figura 3.4 Fuerzas que intervienen en el vehículo sin la aceleración normal.

El vehículo está en equilibrio, de modo que:

$$N \cos \theta = F_r \sin \theta + mg \quad (3.9)$$

$$N \sin \theta + F_r \cos \theta = mv^2/R \quad (3.10)$$

Conocida la velocidad del vehículo  $v$  podemos calcular la fuerza de rozamiento  $F_r$  y la reacción del plano  $N$ . La velocidad máxima que puede llevar un vehículo para que

describa la curva con seguridad es aquella para la cual, la fuerza de rozamiento alcanza su valor máximo.

$$F_r = \mu N \quad (3.11)$$

Despejamos la velocidad  $v$  y obtenemos la misma expresión.

**Ejemplo:** Un coche circula por la curva de una carretera de 500 m de radio. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento entre las ruedas del automóvil y el asfalto seco es de 0.75, calcular la máxima velocidad con el que el automóvil puede describir la curva con seguridad en los casos siguientes:

- La curva no tiene peralte
- La curva tiene un peralte de  $15^\circ$

$$v = \sqrt{500 \cdot 9.8 \cdot 0.75} = 60.6 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{500 \cdot 9.8 \frac{\sin 15 + 0.75 \cos 15}{\cos 15 - 0.75 \sin 15}} = 79.0 \text{ m/s}$$

➤ **La estabilidad de un vehículo**

Consideremos un vehículo que está describiendo una curva de radio  $R$ , con velocidad constante  $v$ . Debido a la distribución de la carga, el centro de masas está situado en la posición  $x_c, y_c$  tal como se señala en la figura. Si el coeficiente de rozamiento entre las ruedas del vehículo y la carretera es  $\mu$ . Vamos a determinar si:

- El vehículo está en equilibrio
- Si desliza hacia fuera, saliéndose de la curva
- Si vuelca, girando alrededor de un eje que pasa por las ruedas de la parte derecha, cuando el automóvil describe una curva hacia la izquierda.
- Si desliza y vuelca a la vez

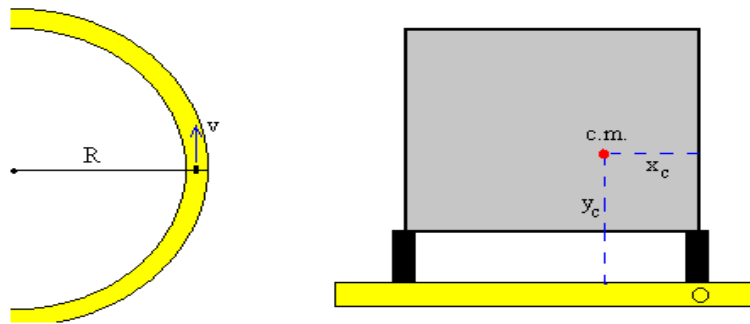


Figura 3.5 Ubicación del centro de masa de un vehículo.

➤ **Descripción**

Para un observador no inercial, que viaja con el vehículo, las fuerzas que actúan sobre el mismo, son:

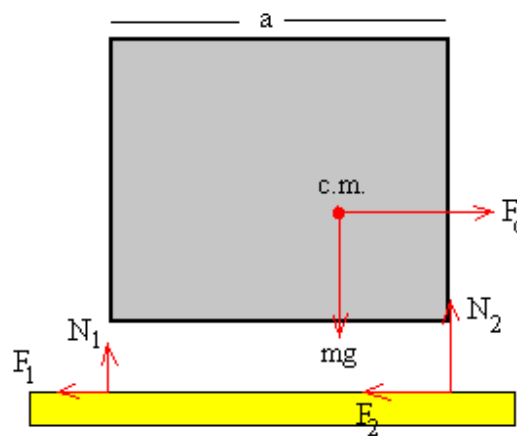


Figura 3.6 Fuerzas que actúan en un vehículo para un observador no inercial.

$N_1$  y  $N_2$  son las reacciones o fuerzas que ejerce la carretera sobre las ruedas del vehículo

$F_1$  y  $F_2$  son las fuerzas de rozamiento que se oponen al deslizamiento del vehículo a lo largo de la dirección radial y hacia fuera

El peso  $mg$  del vehículo actúa en el centro de masas

La fuerza centrífuga  $F_c$  actúa en el centro de masas.

Si el vehículo permanece en reposo a lo largo de la dirección radial, tendremos que

$$N_1 + N_2 = mg \quad (3.12)$$

$$F_c = F_1 + F_2 \quad (3.13)$$

Tomando momentos respecto de O. La condición de equilibrio se expresa

$$-N_1 \cdot a - F_c \cdot y_c + mg \cdot x_c = 0 \quad (3.14)$$

Siendo  $a$  la distancia entre las ruedas. Despejamos  $N_1$  en esta última ecuación

$$N_1 = \frac{mgx_c - F_c y_c}{a} \quad (3.15)$$

Examinamos las distintas situaciones:

✓ El vehículo vuelca

A medida que aumenta la velocidad  $v$  del vehículo, aumenta la fuerza centrífuga  $F_c = mv^2/R$ , hasta que  $N_1$  se haga cero. Un incremento de la velocidad hace que el vehículo empiece a volcar.

La condición para que empiece a volcar es  $N_1 = 0$  ó  $v^2/R = gx_c/y_c$

✓ El vehículo desliza

La fuerza de rozamiento  $F_1 + F_2 = F_c$  no puede superar el valor máximo  $\mu N_1 + \mu N_2 = \mu mg$

La condición para que el vehículo empiece a deslizar es que  $v^2/R = \mu g$

Si  $mgx_c > F_c y_c$  el vehículo no vuelca

Si  $F_c < \mu mg$  el vehículo no desliza

- Si  $mgx_c > \mu mgy_c$ , es decir, si  $\mu < x_c/y_c$  el vehículo empieza a deslizar en el momento en el que se cumple que  $v^2/R = \mu g$
- Si  $\mu > x_c/y_c$  el vehículo empieza a volcar en el momento en el que se cumple que  $v^2/R = gx_c/y_c$

### **3.4.1.3. Centrípeta**

Se llama fuerza centrípeta a la fuerza que tira de un objeto hacia el centro de un camino circular mientras que el objeto sigue dicha trayectoria a una rapidez constante, siendo la rapidez la magnitud de la velocidad. El término «centrípeta» proviene de las palabras latinas centrum, «centro» y petere, «dirigirse hacia», y puede ser derivada a partir de las leyes descubiertas por Isaac Newton. La fuerza centrípeta siempre actúa en forma perpendicular a la dirección de movimiento del cuerpo sobre el cual se aplica. En el caso de un objeto que se mueve en trayectoria circular con rapidez cambiante, la fuerza neta sobre el cuerpo puede ser descompuesta en un componente perpendicular que cambia la dirección del movimiento y uno tangencial, paralelo a la velocidad.

### **3.4.1.4. Fricción**

En general es aquella que por medio del roce permite la tracción y el frenado de un vehículo. Interviene también el viento el cual puede retardar, aumentar, producir flotabilidad, presentarse longitudinal o transversalmente en forma constante.

**a) Transversal:** Es la que actúa en forma perpendicular con respecto a la marcha del vehículo y que impide el desplazamiento transversal del mismo vehículo.

**b) Longitudinal:** Es aquella que actúa en dirección longitudinal con respecto a la maniobra del vehículo, siendo de enorme importancia en el arranque y el frenado del vehículo. El vehículo no se va a salir de la carretera o carril cuando la fuerza de fricción transversal sea mayor que la longitudinal.

### **3.4.2. La vía**

Se denomina así al espacio o camino de comunicación, utilizado para transitar, y que pertenece a la comunidad, es decir, que es una vía de circulación de todos y para todos. Las mismas están construidas y mantenidas por los impuestos o tarifas que pagan los ciudadanos. De allí el derecho que tenemos todos al uso y a la seguridad que nos pueden y deben brindar, ya sean calles, caminos o modernas autopistas.

#### **3.4.2.1. Estado de las vías**

Las condiciones en que se encuentre la vía pueden tener mucha influencia en el problema de los accidentes de tránsito. El estado de la superficie de rodamiento repercute directamente sobre la "distancia de frenado"; esta es, el espacio que recorre el vehículo después de que el conductor aplica el freno. Cuando una vía presenta un alto tránsito diario, su pavimento está sometido a un efecto de pulimento importante por efecto de la constante fricción entre éste y las llantas de los vehículos. Dicho problema se acentúa si una parte significativa de este tránsito lo constituyen autobuses y vehículos pesados. Los mismos, por medio de sus continuas paradas y puestas en marcha, hacen que las zonas de la superficie de rodamiento en que se realizan tales maniobras pierdan rugosidad con mayor rapidez que otras partes de la vía. En esos lugares, el pavimento presenta un elevado pulimento y por consiguiente, un coeficiente de rozamiento bajo. Esta situación hace que ahí, la distancia necesaria para frenar la marcha de un vehículo sea mayor que en otros sectores o puntos de la vía que no están sometidos a ese tránsito pesado y sus maniobras.

Merece mucha atención el hecho de que el coeficiente de rozamiento para un pavimento húmedo no es el mismo que para una superficie de rodamiento seca.

Este alcanza cifras aproximadamente 40 % menores. Con la calzada húmeda, la "distancia de frenado" se incrementa. Al observar la superficie de una vía, la misma pareciera que es plana. Si la observación se hace con detenimiento, se nota que ésta debe presentar una leve inclinación del centro hacia los márgenes. Dicha inclinación se denomina el "bombeo" de la vía. Drenajes ineficientes y bombeo inadecuado propician la formación de una película de agua sobre el pavimento, con lo cual se presenta el fenómeno de hidroplaneo que puede hacer que la distancia necesaria para frenar un vehículo, bajo esas circunstancias, aumente considerablemente con respecto a la condición de pavimento seco para una misma velocidad. Las estadísticas meteorológicas según SENHAMI indican que en promedio, durante un 6 % del tiempo del año se presentan aguaceros cuya duración es superior a 45 minutos y a la vez su intensidad sobrepasa o se aproxima a un milímetro en los primeros 10 minutos

de precipitación. Estos aguaceros son los que dan la condición de pavimento húmedo a la calzada. Lo anterior implica que un promedio del 94 % del año se presenta la condición de pavimento seco. De acuerdo con el registro de accidentes de la Unidad Operativa de Tránsito, un promedio del 18% de los mismos ocurre con la condición de pavimento húmedo y un 82% ocurre con el pavimento seco. Esto significa que durante los períodos de lluvia, la incidencia de percances se incrementa en más de un 250 %. Lo anterior refleja que realmente la disminución del coeficiente de rozamiento por acción de la lluvia conjuntamente con el fenómeno de hidropneumático (el vehículo se desliza sobre una película de agua y pierde contacto normal con el pavimento) afectan la normal actividad del manejo y los conductores necesitan mayor distancia para detener sus vehículos o mayores radios para girar.

### **3.4.3. Factores que modifican la vía**

#### **3.4.3.1. Condiciones atmosféricas**

##### **3.4.3.1.1. La lluvia**

Constituye un verdadero y grave problema para el conductor, y es una de las condiciones adversas contra la cual tiene que enfrentarse durante la conducción.

##### **3.4.3.1.1.1. Diferentes situaciones frente a la lluvia**

Cuando comienza a llover: al caer las primeras gotas, se forma sobre el parabrisas una delgada película con el polvo y el holló que se ha depositado sobre los cristales. Esta película no nos deja ver bien y por un momento, los limpiadores son incapaces de poder normalizar la situación.

Durante una lluvia persistente y fuerte: deben extremarse las precauciones, puesto que las escobillas no pueden mantener una buena visibilidad. No puede verse con claridad.

El patinazo sucede cuando caen las primeras gotas de agua sobre la vía, formando una masa en extremo deslizante, una capa altamente resbaladiza. Sobre la cual pierden la adherencia las mejores llantas. Cuando el piso de la calzada o vía está mojado, hay más probabilidades de patinar que cuando está seco. Con llantas en buen estado, la

pérdida de adherencia puede disminuir en un 50%. De ahí la importancia de andar siempre con buenas llantas.

#### **3.4.3.1.1.2. Contrarrestar el peligro de la lluvia**

- Mantener bien limpio el parabrisas.
- Cuidarse del vehículo de adelante, y del de atrás.
- Reducir la velocidad y encender las luces aún en el día, para que lo vean.
- Si la lluvia es excesivamente fuerte y a perdido visibilidad, encienda los direccionales de parqueo para advertir peligro y trate de orillarse a su derecha hasta que pase la lluvia.

#### **3.4.3.1.2. La neblina**

Existen varios tipos de neblina: la ligera y densa; la espesa e impenetrable. Es necesario tener presente el factor básico -no importa el tipo de neblina- debe encender las luces, no para ver, sino para que nos vean. Así entonces frente a la conducción con neblina ésta debe ser la principal regla: **reducir la velocidad y encender las luces.**

##### **3.4.3.1.2.1. Neblina espesa**

Cuando la neblina es muy espesa, la circulación es muy comprometida si no se usan los focos anti neblina. El problema de la reflectividad de la neblina, o sea del rechazo de la luz de su vehículo por la neblina, se debe a que ésta se encuentra formada por una cantidad de pequeñísimas gotas que son las que rechazan la luz, la cual regresa directamente hacia los ojos del conductor. En estos casos la luz corta es más eficaz que la luz larga. La ventaja de los focos anti neblina es que los focos o faros están situados debajo de los focos corrientes, lo que les permite penetrar la neblina con más facilidad.

##### **3.4.3.1.3. La conducción nocturna**

A pesar de que en la noche conducen menos personas, en ese horario suceden más accidentes que en el día. Durante la noche ocurren aproximadamente el 80% de los accidentes registrados durante las 24 horas.

### **3.4.3.1.3.1. Dependencia de la conducción nocturna**

#### **a) La velocidad**

Debe mantenerse a la mitad de la que se usa en el día, y si está lloviendo debe reducirse aún más, dentro del proceso de adaptación. La velocidad debe estar en relación con el alcance del cono de luz y el tiempo que se tarda en recorrer ese espacio.

#### **b) La visibilidad del conductor**

En la noche se ve el 50% de lo que puede verse en el día y los peatones se ven menos en la noche. Si tiene problemas de visión, eso indica que usted debe abstenerse a conducir en la noche, puesto que padece la ceguera nocturna. Evite mirar directamente al lado izquierdo cuando venga otro vehículo en sentido contrario que traiga luces altas y largas. Así usted no debe ser deslumbrado o encandillado, lo que le provoca una pérdida momentánea de visión que dura fracciones de segundo, conocidas como tiempo de recuperación. Este tiempo en personas jóvenes es muy corto, en tanto que para los conductores entrados en años es mucho mayor. No debe perderse de vista que durante el tiempo de recuperación el vehículo está en movimiento, lo que constituye un eminente peligro.

#### **c) La iluminación**

Es importante, en especial para la percepción de objetos o personas próximas a la vía. Los vehículos deben tener una buena iluminación, debe indicar su presencia en la carretera en todo momento: circulando o bien estacionado, como luego lo explicaremos. Debe bajar las luces al cruzar con otro vehículo, o bien cuando usted lo sigue. Los focos de su vehículo deben estar bien alineados. Las luces altas se usan cuando se conduce en carretera abierta, y no haya vehículos cerca. Recuerde usar luces bajas cuando tenga de frente a otro vehículo, o circule por la ciudad, o cuando está siguiendo a otro vehículo.

### **3.4.3.2. Obstáculos**

En las vías existen varios obstáculos que pueden producir accidentes de tránsito y en los que debemos reaccionar para eludir el riesgo, de una colisión, un frenazo brusco o salida de la vía, por la presencia de un obstáculo o la situación creada por no guardar la distancia de seguridad. Por lo que se recomienda tener las dos manos sobre el volante para estabilizarlo en el momento que necesitemos, realizar una maniobra segura.

### **3.4.3.3. Obstrucciones visuales**

#### **3.4.3.3.1. Trabajadores en las vías**

Los trabajos realizados en las vías pueden ocasionar accidentes. Deben ser advertidos indicando el peligro dentro de la vía, con señalización y los conductores tomaremos precaución al entrar en esta. Por ello reduzca la velocidad y prestarse a frenar en cualquier momento ya que los trabajadores están concentrados en el trabajo no en circulación vehicular.

#### **3.4.3.3.2. Animales en las vías**

En nuestro medio es algo inesperado, la presencia de animales grandes o pequeños en nuestras carreteras es muy difícil predecir cuándo aparecerá un animal a interrumpir nuestra circulación normal, es por esto que debemos prestar mucha atención al conducir. No tomar actitudes que asusten al animal como: pitar puesto que el animal se asusta y puede salir corriendo o pararse en medio de la carretera.

#### **3.4.3.3.3. Vehículos pesados**

Los vehículos grandes son obstáculos para los vehículos pequeños, por lo que debemos tomar en cuenta el tamaño y la velocidad cuando compartamos la carretera con un vehículo con estas características. Necesitan mayor espacio para realizar una maniobra, es más difícil adelantarlos e impiden la visibilidad. Debemos respetar la velocidad a la que circulan, en especial cuando suben por pendientes muy pronunciadas.

### **3.5. Elementos de especial interés para la reconstrucción de accidentes de tráfico**

#### **3.5.1. Elementos del vehículo**

##### **3.5.1.1. Ruedas**

Las ruedas son la parte del vehículo que están en contacto con la superficie de la vía; a través de las ruedas se transmiten todos los esfuerzos necesarios para detener, acelerar o cambiar de dirección al vehículo en movimiento.

Para clasificar el comportamiento de un vehículo hay que analizar el comportamiento de sus neumáticos, ya que ante una situación de peligro, cuando el conductor ya ha hecho todo lo que está a su alcance, el neumático es el último encargado de evitar el accidente, siempre y cuando los otros elementos mecánicos estén en buenas condiciones de seguridad.

Los neumáticos están compuestos de un material llamado caucho el cual es una sustancia que se extrae de árboles de zonas tropicales. Este material se extrae al sangrar el árbol, luego se recoge este líquido lechoso llamado látex que en parte está compuesto por partículas de goma pura.

Los neumáticos pueden contribuir a la ocurrencia de accidentes, en casos tales como:

- Exceso de uso que puede afectar su rendimiento, especialmente en suelos húmedos.
- Rápida pérdida de aire.
- Mezclas de diferentes tipos de neumáticos incompatibles en un mismo vehículo.
- Selección inapropiada del neumático afectando el control del vehículo y su estabilidad.
- Desgaste importante limitando la eficiencia de la maniobra de frenado.

<b>ESTADO</b>						
<b>CAUSA</b>						
<b>CORRECCION</b>	REGULAR LA PRESION CON LOS NEUMATICOS FRIOS			AJUSTAR ALINEAMIENTO		BALANCEAR

Figura 3.7 Causas de desgaste anormal de un neumático.

Fuente: Manual de peritaje automotriz; técnico mecánico, avalúo de daños, y reconocimiento del lugar de los hechos.

Por ello, el tipo y estado de conservación de los neumáticos son fundamentales para un adecuado comportamiento del vehículo en diferentes situaciones.

El *neumático* (cubierta más cámara) va colocado sobre una pieza metálica llamada llanta.

La *llanta* es un disco metálico que lleva sobre su circunferencia exterior una plancha acanalada donde se inserta el neumático.

La llanta queda rígidamente unida al eje por medio de una pieza llamada masa, que contiene los mecanismos del freno y que está unido al semieje (en el caso de la rueda motriz), el cual a su vez conecta en su otro extremo con el diferencial a través del cual se trasmite el movimiento del motor.

El movimiento de las ruedas del automóvil es provocado por la ampliación de una fuerza en el eje, paralela a la superficie del camino o por la aplicación sobre ellas de un par. De este modo se distinguen dos tipos de ruedas: las primeras, denominadas portante o libres, y las segundas, portante y motriz, conocidas comúnmente como rueda motriz.

La *rueda portante* es entonces aquella donde aparece una fuerza de tracción transmitida por el chasis a la rueda para asegurar el movimiento que equilibre al par pasivo originado en las resistencias al movimiento.

La *rueda motriz* es aquella que soporta un par motor transmitido por los árboles de accionamiento de las ruedas.

Los neumáticos están constituidos principalmente por dos partes bien distinguidas: la cámara y la cubierta.

La *cámara de aire* es una envoltura de goma con forma de anillo toroide que tiene como función retener el aire de inflado. Sus paredes son muy elásticas y no presentan ninguna resistencia a la flexión. En la actualidad, esta cámara, ha sido reemplazada por una cubierta de tales condiciones que retiene herméticamente el aire de inflado.

La *cubierta*, de igual forma toroide pero interiormente abierta, consiste en una envoltura robusta que permite soportar la presión de inflado y transmitir a la calzada el peso del vehículo y los esfuerzos emergentes del proceso de la circulación.

La cubierta está compuesta de varias capas que se pueden reconocer como: carcasa y banda de rodadura.

La *carcasa* consiste en la superposición de varias capas de telas engomadas de tejido textil (algodón, rayón o incluso nylon); representa el elemento estructural de la cubierta propiamente dicha. Según la dirección con que las telas se superpongan formando la carcasa, se pueden distinguir neumáticos diagonales y radiales:

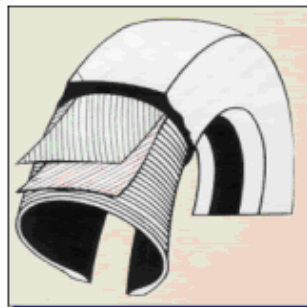


Figura 3.8 Neumático radial.

En la construcción radial, las cuerdas de las capas del cuerpo van de ceja a ceja formando semióvalos. Son ellas las que ejercen la función de soportar la carga. Sobre las capas del cuerpo, en el área de la banda de rodamiento, son montadas las capas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son ellas las que soportan la carga y mantiene la estabilidad del neumático. Este tipo de construcción permite que el neumático sea más suave que el convencional lo que le permite tener mayor confort, manejabilidad, adherencia a la superficie de rodamiento, tracción, agarre, y lo más importante contribuye a la reducción del consumo de combustible.



Figura 3.9 Neumático diagonal.

Este tipo de neumático se caracteriza por tener una construcción diagonal que consiste en colocar las capas de manera tal, que las cuerdas de cada capa queden inclinadas con respecto a línea del centro orientadas de ceja a ceja. Este tipo de estructura brinda al neumático dureza y estabilidad que le permiten soportar la carga del vehículo. La desventaja de este diseño es que proporciona al neumático una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionando un menor agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de combustible.

La *banda de rodamiento* es la parte del neumático que está en contacto con la superficie de la vía y en consecuencia la que se desgasta por su apoyo y roce. Consiste en una capa de caucho vulcanizado duro, de bastante espesor, que recubre la parte superior de la carcasa. La banda de rodamiento está tallada con hendiduras y resaltos de diferentes diseños, según las marcas, que “agarran” sobre las asperezas del

pavimento y dan adherencia a las cubiertas para aguantar los esfuerzos del motor, freno, etc. Se reconocen varios diseños característicos, para diferentes usos. Cuando sobre el camino aparecen condiciones particulares como agua, hielo o aceite, la adherencia del neumático decrece rápidamente, siendo fundamental que el conductor adecue su condición a las posibilidades reales de los neumáticos.

Las cubiertas usadas correctamente, rara vez fallan antes de gastar su dibujo original. Cuando se inicia el desgaste, el dibujo se va perdiendo, reduciendo la capacidad del neumático para funcionar y disminuyendo el “agarre” o “tenida”. Esta disminución es constante y se reduce a cero en la denominada “cubierta lisa”.

Existen muchas formas de denominar o identificar un neumático, pero lo más tradicional indica: el ancho, la clase de velocidad, el tipo de construcción y el diámetro de la llanta.

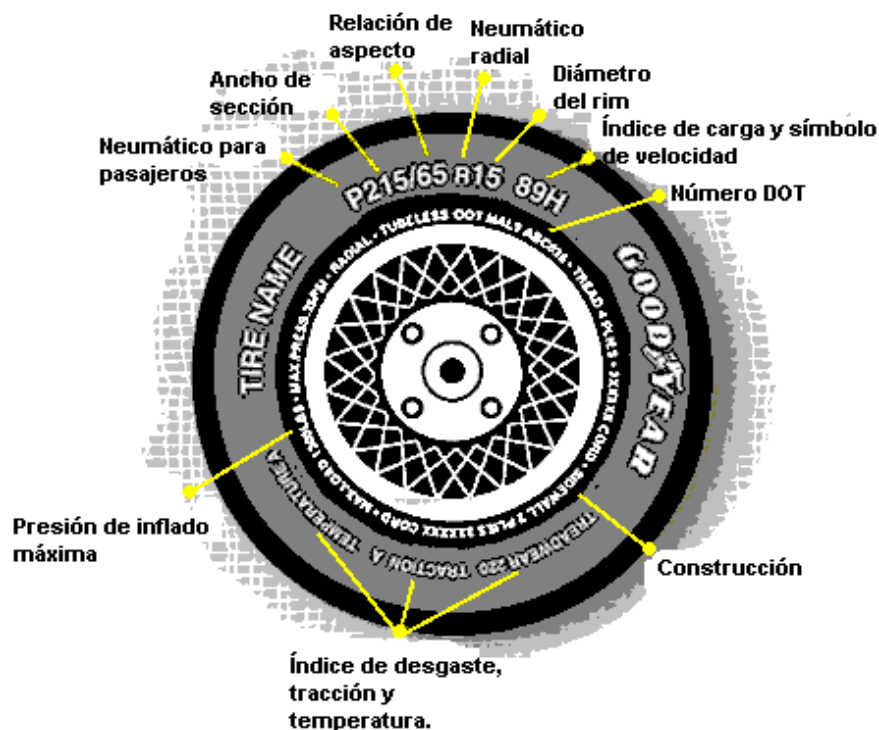


Figura 3.10 Nomenclatura del neumático.

**P:** Indica el uso para automóviles de pasajeros.

**215:** Representa la anchura máxima entre costados de la llanta en milímetros.

**65:** Es la relación entre altura y la anchura de la llanta y se le llama relación de aspecto.

**R:** Significa la construcción radial del neumático.

**15:** Es el diámetro nominal en pulgadas

El índice de carga asigna números desde 0 hasta 279 que corresponden a la capacidad de carga del neumático a su máxima presión de inflado. El símbolo de velocidad determina la máxima velocidad que el neumático puede alcanzar.

**89:** Especifica el índice de carga.

**H:** Símbolo de velocidad. (S = 180 km/h, H = 210 km/h, V = 210 Km/h).

Los neumáticos también muestran **la máxima presión de inflado** en psi (libras por pulgada cuadrada). El número DOT Departamento de Transporte de Estados Unidos (Department of Transport), muestra los factores de desempeño del neumático en cuanto al índice de desgaste, tracción y resistencia a la temperatura.

El conductor debe conocer las limitaciones de velocidad permitida a los neumáticos y las diferencias que se producen en las características de “tenida” en los distintos tipos de camino y con las variaciones de las condiciones atmosféricas. No se puede mantener la misma velocidad cuando la superficie del camino es ondulada o lisa, o cuando hay baches o piedras, cuando está seca o mojada, cuando hay hielo o nieve, etc.

La presión de inflado debe responder a lo indicado en las especificaciones por las fábricas, las que aconsejan el valor más apropiado en relación al peso que soporta la rueda. Con la elevada presión de inflado, si bien aumenta la capacidad de carga, aumenta el riesgo de rebotes, empeora la suspensión y hace la marcha más dura, con un rodamiento irregular y nocivo para las cubiertas disminuyendo el kilometraje del

neumático, mientras que la presión de inflado baja, empeora la estabilidad, haciendo la dirección más dura y facilitando el desgaste por la mayor formación de calor.

El uso de la presión de inflado adecuada es muy importante para obtener el mejor rendimiento del neumático. La presión de inflado correcta es la que recomienda el fabricante del neumático, esta generalmente bordea los 28 a 30 psi. en vehículos liviano, o se puede calcular según el diámetro del rin del neumático # de rin x 2).

**Tabla 3.1 Códigos de velocidad.**

Código de velocidad	Velocidad Km/h	Código de velocidad	Velocidad Km/h
J	100	S	180
K	110	T	190
L	120	H	210
M	130	V	240
N	140	W	270
P	150	Y	300
Q	160	VR	210
R	170	ZR	240

Fuente: Manual de peritaje automotriz; técnico mecánico, avalúo de daños, y reconocimiento del lugar de los hechos. Velasco Chávez maría Isabel. Ecuador.

Dados los múltiples factores que intervienen en la adherencia de una cubierta al suelo resulta difícil precisar cuál será el valor de profundidad mínima del dibujo para una circulación segura. Estudios realizados por el Traffic Institute de North Western University (EE.UU) permiten fijar un valor, debajo el cual el neumático no debería circular por la vía pública, por razones de seguridad.

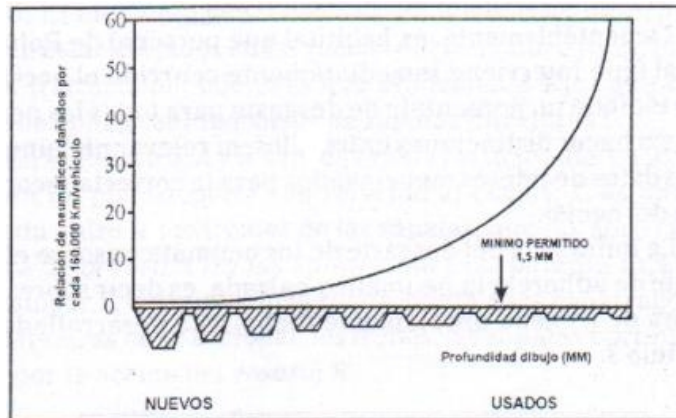


Figura 3.11 Relación de neumáticos dañados por cada 160000 km/vehículo vs. Profundidad de dibujo en banda de rodamiento.

Como resultado del estudio surgió que: las cubiertas lisas son más propensas a sufrir deterioros que las cubiertas nuevas en un orden de 50 veces más, mientras que en las cubiertas con 1.5 mm de profundidad de dibujo este orden es de 18 veces y la curva crece rápidamente al disminuir el dibujo de la cubierta por debajo de este valor.

En consecuencia, la inspección de las ruedas (con posterioridad a un accidente) debe incluir:

- Posición en el vehículo.
- Presión de inflado.
- Agujeros visibles del neumático.
- Abolladuras de la llanta.
- Profundidad del dibujo 0% de desgaste.

La influencia del desgaste de los neumáticos sobre el coeficiente de adherencia neumático – calzada, se verá más adelante en la parte de la maniobra de frenado propiamente dicha.

### **3.5.1.2. Frenos**

El sistema de frenos de un vehículo y su correcto funcionamiento son determinantes en la eficacia de la maniobra de frenado.

El frenado consiste en la aplicación de una superficie fija de algún tipo de material friccional contra un tambor o disco giratorio que actúa solidario con la rueda.

Los frenos son los dispositivos que convierten en calor la energía de avance del vehículo, este calor se disipa por radiación a la atmósfera, disminuyendo la velocidad hasta anularla, logrando así la detención.

La eficiencia del frenado depende entonces, de la calidad y desgaste de las cubiertas, del estado y clase del pavimento y de la pericia y habilidad del conductor, considerando un vehículo en buenas condiciones mecánicas.

Existen diferentes sistemas de frenos aunque todos ellos se basan en la aplicación de una fuerza transmitida desde un pedal de comando, que provoca rozamiento entre el elemento fijo y el móvil. El elemento móvil consiste en tambores giratorios que suelen estar ubicados en las ruedas del vehículo o sobre el árbol de la transmisión, mientras que el elemento fijo que contra ellos se aplica suele consistir en zapatas interiores.

En la figura 3.12, A y B son las zapatas articuladas en un eje C fijo en el plato-soporte con relación al chasis; L es una leva situada entre los extremos de las zapatas, que las abre cuando se tira de la varilla P, y las aplica contra las paredes interiores del tambor F, que gira con la rueda sujeta a los espárragos G.

Mientras no accionen los frenos, las zapatas oprimen la leva por la acción del resorte R.

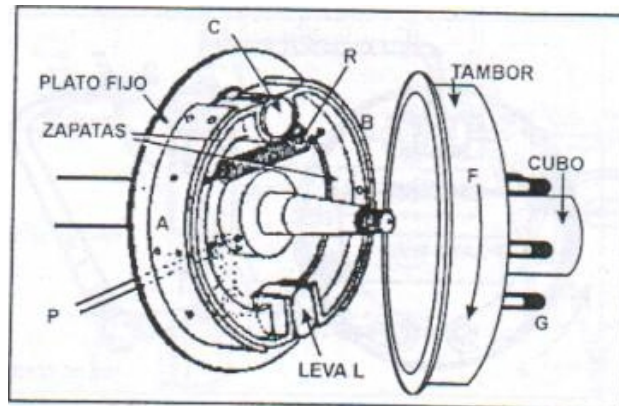


Figura 3.12 Sistema de frenos con mando mecánico.

**a) Frenos con mando mecánico**

Consiste básicamente el mecanismo recién descrito.

Con la transmisión mecánica se requiere una buena organización de palancas y cables o varillas para llevar la fuerza hasta cada rueda, de forma de no interferir con el giro a uno y otro lado de las delanteras. Este tipo de transmisión ha quedado limitado a motocicletas o vehículos similares.

**b) Frenos con mando hidráulico**

Donde al ser pisado el pedal de freno, empuja un líquido en el cilindro de mando, del que salen las tuberías hacia cada rueda.

Este sistema se utiliza actualmente en la casi totalidad de los automóviles y vehículos comerciales medianos.

En la figura 3.13, D es el pedal del freno, H el cilindro de mando y T, las tuberías. Las zapatas A y B se articulan en C contra el tambor giratorio F.

En esta transmisión, las tuberías pueden tener tantas curvas y codos como sea necesario; además, las tuberías pueden ser flexibles, lo que le hace fácilmente adaptables a los giros de las ruedas directrices y a las oscilaciones de la suspensión de todas las ruedas.

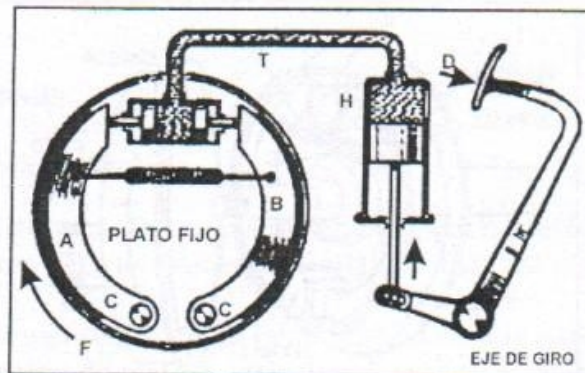


Figura 3.13 Sistema de frenos con mando hidráulico.

**a) Frenos con mando por aire comprimido.**

Se utiliza en los vehículos comerciales de gran capacidad donde el mando hidráulico o mecánico de los frenos requiere gran fuerza de aplicación.

El sistema consiste en una pequeña bomba de aire, movida por el motor del vehículo que lo comprime y almacena en uno o varios depósitos, de los que puede salir cuando el conductor pisa el pedal, dirigiéndose por tuberías hasta los frenos.

Para que el esfuerzo aplicado por el conductor al pedal se multiplique, el único procedimiento mecánico es el de palanca. Como se ve en el pedal de la figura 3.14, si el brazo de palanca P es 6 veces mayor que el de aplicación A, la fuerza se multiplica por 6 ya que el recorrido de A es 6 veces menor que el de P.

En la figura 3.14 se puede ver que si el esfuerzo de 40 kilogramos aplicado al pedal P se multiplica por esta palanca P-A a 240 y se ejerce sobre un émbolo de mando M de  $10 \text{ cm}^2$  de superficie, la presión resultante en el líquido será de  $24 \text{ Kg./cm}^2$ , la cual, al llegar a los cilindros receptores B,C y D, se convierte en: si B tiene  $5 \text{ cm}^2$  de sección, la fuerza de su pistón será  $24 \times 5 = 120 \text{ Kg.}$ ; si C tiene  $10 \text{ cm}^2$ , su fuerza valdrá  $24 \times 10 = 240 \text{ Kg.}$ ; y si el embolo receptor D es de  $20 \text{ cm}^2$ , la fuerza alcanzará  $24 \times 20 = 480 \text{ Kg.}$

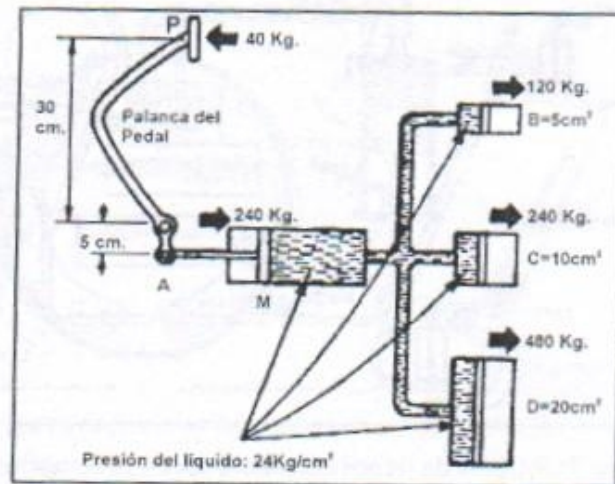


Figura 3.14 Sistema de frenos con mando por aire comprimido.

#### b) Frenos a disco o servofrenos.

Los *servofrenos* son los sistemas que ayudan con su fuerza la acción del conductor sobre el pedal. Pueden ser hidráulicos, de aire comprimido. También pueden ser mixtos: de aire comprimido-hidráulicos.

En los últimos años se ha difundido en reemplazo de las zapatas, para vehículos de altas velocidades, los frenos a disco. Su ventaja radica en la seguridad y perfecto funcionamiento, como se muestra en la figura 3.15.

El elemento móvil está constituido por un disco metálico solidario con la rueda y el elemento fijo consiste en un arco que abraza una porción periférica del disco teniendo en cada extremo dos platos, los cuales mediante un comando hidráulico pueden ser presionados contra las paredes del disco. Estos platos, de forma variada, en su cara de contacto con el disco tienen un recubrimiento con material friccional similar al usado en las zapatas.

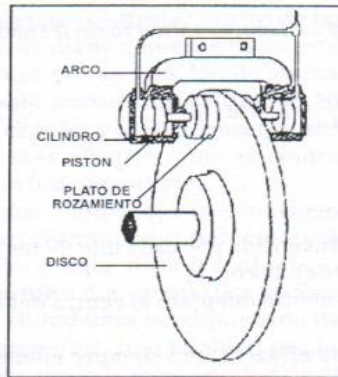


Figura 3.15 Freno a disco.

### 3.5.2. Maniobra de frenado

#### 3.5.2.1. El conductor – Tiempo de percepción y reacción

El tiempo de percepción y reacción es aquel tiempo que transcurre desde que el conductor recibe la información del riesgo o peligro hasta que inicia la respuesta de su conducido.

En reconstrucción de accidentes, la determinación de dicho tiempo es utilizada para estimar la posible distancia de frenado total (generalmente para determinar si el peligro pudo haber sido evitado bajo ciertas circunstancias) o para determinar si la respuesta del conductor a la situación de peligro fue la mejor posible bajo las condiciones existentes.

El tiempo de percepción y reacción está formado por diferentes etapas, para cuyo reconocimiento y relación con la reconstrucción de accidentes es conveniente identificar previamente una serie de puntos accidentológicos característicos.

Ellos son:

- **PPP: Punto de posible percepción.** Es aquel punto de la trayectoria desde el cual es posible, para toda persona habilitada para conducir, percibir el riesgo o peligro. Depende básicamente del entorno, visibilidad, topografía, etcétera. En este punto comienza la etapa de detección y con ella, comienza el tiempo de percepción y en consecuencia, el tiempo de percepción y reacción.

- **PPE: *Punto de percepción efectiva.*** Es el punto de trayectoria en el cual efectivamente se advierte que algo ocurre. Marca el fin de la etapa de detección y fin del tiempo de percepción e indica el comienzo de la etapa de identificación, y con ella el comienzo del tiempo de reacción.
- **PDR: *Punto de respuesta.*** Es el punto de la trayectoria donde se inician las acciones de respuesta tendientes a la evasión. Marca el fin del tiempo de percepción y reacción humana y comienza el tiempo de reacción mecánica.
- **PCAE: *Punto de comienzo de acción evasiva.*** Es el punto en cual el vehículo comienza a variar sus parámetros cinemáticas (frenado, acelerado, girando, etcétera). Los parámetros modificables son: velocidad, dirección y aceleración. Marca el fin del tiempo de percepción y reacción total.
- **PDI: *Punto de impacto.*** Es el punto en que se produce la interacción de las fuerzas entre dos cuerpos. Este punto puede ser considerado cuando se produce el contacto por lo que se aconseja tomar como punto de impacto el lugar de máximo contacto.
- **PDPF: *Punto de posición final.*** Es el punto donde finaliza el movimiento (salvo casos excepcionales de fuga). Es por ello que se lo suele definir como el punto donde la situación dinámica del vehículo se ha estabilizado, habiendo ya ocurrido las consecuencias.
- **PSS: *Punto sin solución.*** Es el punto de la trayectoria, desde el cual la mejor percepción y las maniobras más adecuadas realizadas correctamente, no puede impedir que el accidente ocurra. No depende de las aptitudes del conductor. Este punto accidentológico característico es de suma utilidad para la evaluación de la evitabilidad o inevitabilidad física de un accidente.

El tiempo de percepción y reacción total puede desagregarse entonces, en el tiempo de percepción, tiempo de reacción (la suma de estos dos términos da el tiempo percepción – reacción humana) y tiempo de reacción mecánica.

El **tiempo de percepción** corresponde a la etapa de detección; coincide con el comienzo del tiempo de percepción y reacción y finaliza cuando el conductor “focaliza” lo que ha detectado (fin del tiempo de percepción y comienzo del tiempo de reacción).

La duración de la detección depende de numerosos factores entre los que pueden citarse: capacidades sensoriales del protagonista, características del objeto de la detección, grado de atención del conductor, etcétera.

Un valor medio es del orden de 0.3 segundos.

Dentro del **tiempo de reacción** se reconocen cuatro etapas:

- Identificación (identificación del riesgo o peligro, información sobre el mismo)
- Evaluación o intelección (comprensión de la situación, interpretación del riesgo)
- Decisión o Emoción (adopción de la maniobra más conveniente)
- Respuesta o Volición (acción sobre los mandos del vehículo).

La **identificación o percepción** marca el comienzo del tiempo de reacción. Esta etapa finaliza cuando se ha recolectado la información necesaria y suficiente como para valorar el riesgo.

Su duración también depende de los mismos factores que intervienen en el tiempo de percepción, además de aquellos factores modificantes de las capacidades sensoriales tales como cansancio, fatiga, alcoholemia, intoxicación, los que retardan el proceso mental de identificación.

Un valor medio de la duración de esta etapa es del orden de 0.3 segundos.

La **evaluación** comienza cuando finaliza la etapa anterior y termina cuando, una vez procesada la información, se concluye si el riesgo es tal o no. Muchos errores en esta etapa de evaluación, son causas de accidentes.

Su duración aproximada es de 0.5 segundos.

La **decisión** comienza cuando finaliza la etapa anterior y termina al iniciarse la respuesta. En esta etapa se resuelve si es conveniente modificar la velocidad, o la dirección, o la aceleración, etcétera.

La duración de esta etapa oscila entre 0.5 y 1 segundo.

La **respuesta** comienza cuando el cerebro envía la orden al grupo de músculos que corresponda y termina cuando los músculos comienzan a ejecutar la acción (por ejemplo, cuando los brazos inician el giro del volante, la extremidad inferior cambia la presión sobre el pedal del acelerador, etcétera).

La duración media de esta etapa es de 0.2 segundos.

El **tiempo de respuesta mecánica** comienza al terminar la etapa de respuesta y finaliza cuando el vehículo empieza a modificar sus parámetros cinemáticos.

Su duración media es del orden de 0.5 segundos.

En el esquema de la figura 3.9 se han distinguido las diferentes etapas y componentes que determinan el tiempo de percepción y reacción total y su relación con los puntos accidentológicos característicos descritos anteriormente.

Cabe acotar que los tiempos indicados para cada etapa pueden diferir del valor, pues pueden presentarse superposiciones de tiempos o saltos de etapas, así como aumentos o disminuciones en los valores medios mencionados anteriormente.

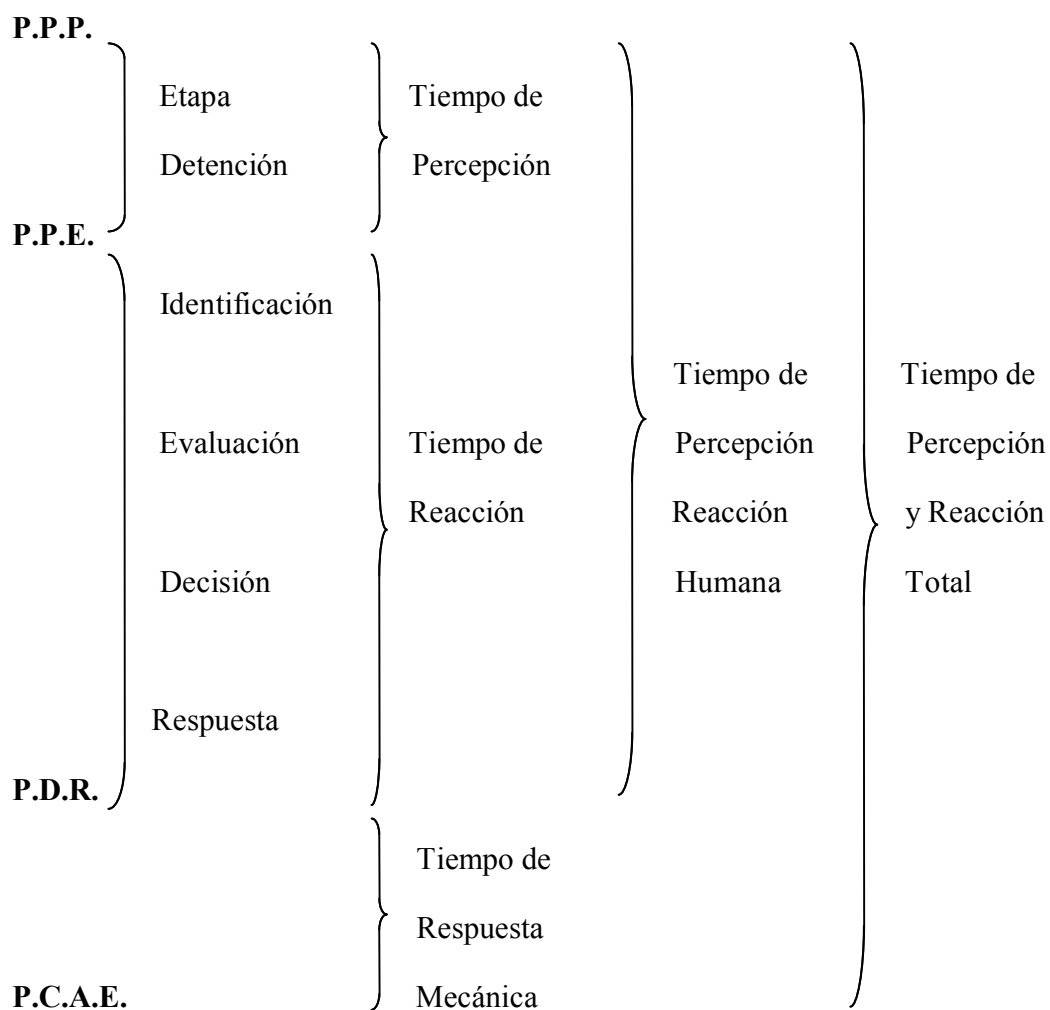


Figura 3.16 Esquema de etapas del tiempo de percepción y reacción.

Además son muchos los factores que modifican los tiempos asignados. Entre ellos pueden mencionarse: drogas (alcohol, marihuana, valium, etcétera), edad, fatiga, etcétera.

Por ejemplo, en individuos con más de 0.1% de alcohol en sangre se comprobó que el tiempo de reacción aumenta alrededor del 25%. La figura 3.17 muestra los resultados de distintos ensayos en personas con diferentes contenidos de alcohol en sangre. En él se muestran los tiempos de reacción en función del porcentaje de alcohol en la sangre.

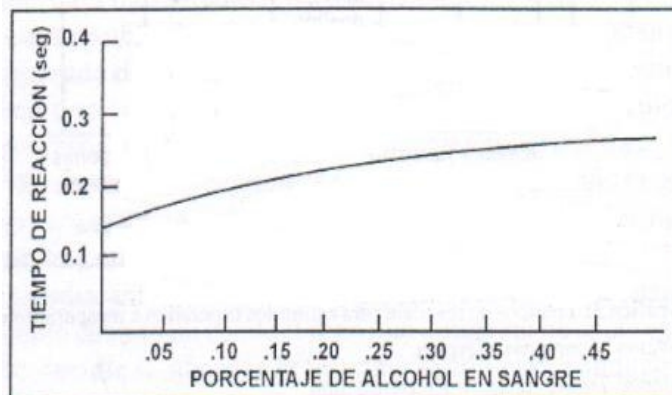


Figura 3.17 Tiempos de reacción Vs. contenido de alcohol en la sangre.

Existen tres tipos de reacción que son las siguientes:

**a) Reacción refleja**

Si la reacción es refleja, insumirá un tiempo muy corto, entre 0.1 y 0.2 segundos. Se trata de aquellas respuestas involuntarias a estímulos, como son los actos instintivos resultantes de la percepción de una situación peligrosa inminente.

**b) Reacción simple**

Si la reacción es de tipo simple, es decir que se requiere respuestas conocidas, en situaciones esperadas, para las que se tiene experiencia, el tiempo de percepción y reacción total es corto; para la mayoría de los conductores, alrededor de 0.40 segundos. Un ejemplo de este tipo de reacción es la detención cuando la luz del semáforo cambia a amarillo, o el vehículo de adelante prende las luces de stop.

No hay etapas de identificación, evaluación ni decisión, ya que se trata de una respuesta casi mecanizada como todas aquellas que se presentan normalmente durante la conducción.

**c) Reacción compleja**

Si la reacción es compleja, como ocurre en la mayoría de los accidentes, el tiempo de percepción y reacción total puede llegar hasta 1.30 segundos. Este es el caso donde se presenta situaciones inesperadas, y cuya decisión se efectúa entre las respuestas

posibles habituales, como por ejemplo ante el ingreso inesperado de un vehículo a la carretera, tener que decidir si frenar o acelerar. Están presentes todas las etapas de la percepción – reacción, aunque pueden encontrarse superpuestas.

### 3.5.2.2. Rozamiento y Adherencia

Puede definirse al rozamiento como la fuerza de resistencia al movimiento entre dos superficies en contacto.

En términos generales, el coeficiente de rozamiento es la relación entre la fuerza tangencial (paralela a la superficie) aplicada a un objeto deslizándose sobre una superficie y la fuerza normal (perpendicular a la superficie) sobre el objeto.

El diagrama típico que permite una fácil interpretación, se muestra en la figura 3.18.

En superficies horizontales, el diagrama se simplifica como muestra la figura 3.19.

En este diagrama simplificado el coeficiente de rozamiento  $\mu$  es simplemente la relación entre la fuerza horizontal requerida para deslizar el objeto y el peso del objeto.

$$\mu = F / P \quad \text{Ecuación coeficiente de fricción} \quad (3.16)$$

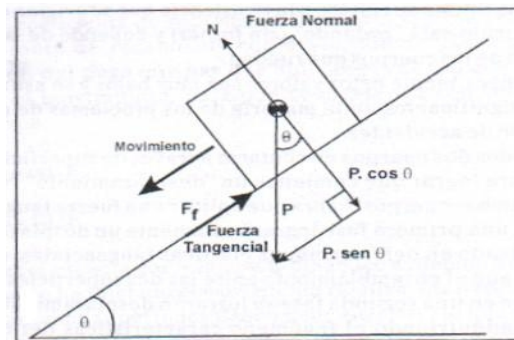


Figura 3.18 Fuerzas actuantes sobre un objeto que se desliza sobre plano inclinado.

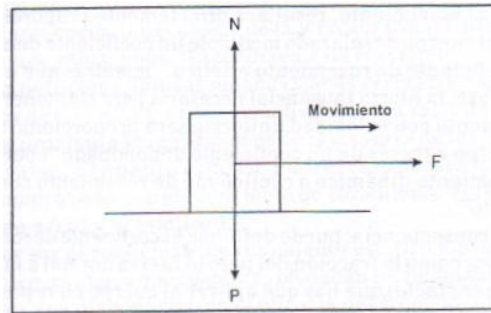


Figura 3.19 Fuerzas actuantes sobre un objeto que se desliza sobre plano horizontal.

En reconstrucción de accidentes de tránsito, se reconocen tres tipos de rozamiento:

- Rozamiento por rodadura (o resistencia por rodadura).
- Rozamiento estático.
- Rozamiento dinámico.

#### a) Rozamiento por rodadura

Se refiere a la resistencia que se origina cuando un vehículo está “rodando” (sin frenar) y generalmente estos valores son muy bajos (0.010 - 0.015) y se asumen que son insignificantes en la mayoría de los problemas de reconstrucción de accidentes.

#### b) Rozamiento estático

Puede definirse el coeficiente de rozamiento estático como la fracción del peso (o fuerza normal a la superficie de contacto) que hay que aplicar al cuerpo en reposo para que éste inicie su desplazamiento.

$$\mu = F_e / P \quad \text{Coeficiente de rozamiento estático} \quad (3.17)$$

La resistencia por rozamiento estático es debida a que las irregularidades de la superficie del cuerpo a ser desplazado se encastran con las irregularidades de la superficie del cuerpo sobre el que se apoya.

### c) Rozamiento dinámico

El coeficiente de rozamiento dinámico también llamado coeficiente de rozamiento con deslizamiento, será pues la fracción del peso que hay que aplicar al cuerpo que ha iniciado el movimiento.

$$\mu_d = F_d / P \quad \text{Coeficiente de rozamiento estático} \quad (3.18)$$

La resistencia por rozamiento dinámico es debida a que una vez que se ha iniciado el movimiento relativo, las irregularidades de ambas superficies tienen peor encastre, lo que explica que el coeficiente de rozamiento estático sea mayor que el coeficiente de rozamiento dinámico.

Cuando un vehículo frena sin llegar a bloquear sus neumáticos, los neumáticos ruedan sin resbalar, las ruedas giran rodando; la zona que está en contacto con la superficie de apoyo no tiene movimiento relativo con respecto a esta, entonces el rozamiento es de tipo estático.

Cuando se bloquea los neumáticos aparece un movimiento relativo entre la superficie de rodamiento y la zona de aquellos que está en contacto con ella, por lo que el rozamiento es de tipo dinámico.

El valor límite que marca el final de un estado y el comienzo de otro depende de las características de los materiales de los cuerpos que se ponen en contacto.

El esfuerzo de frenado utiliza como punto de apoyo la **adherencia**, entendiendo por tal aquel fenómeno por el cual una rueda en rodamiento transmite a la calzada, a través de las zonas de contacto recíproco, las fuerzas tangenciales que provocan o limitan la circulación.

Comúnmente se denomina adherencia a la fuerza tangencial con que el terreno reacciona sobre la rueda (especialmente en la maniobra de frenado).

Se reconocen dos tipos de adherencia.

**a) Adherencia longitudinal:** Se refiere al sentido longitudinal en relación al movimiento.

Cuando no se verifican las condiciones de *adherencia longitudinal*, pueden presentarse dos situaciones que deben distinguirse:

- Que una rueda **patine**: Es el caso en que la rueda gira sobre la calzada sin cambiar de lugar.
- Que una rueda **resbale**: Ocurre cuando se mueve sin girar (la fuerza corresponde a un par de frenado).

**b) Adherencia transversal:** Involucra a todas las ruedas que están sometidas a una fuerza normal al plano de circulación.

Cuando no se verifican las condiciones de *adherencia transversal*, puede ocurrir que:

- Se produzca **derrape**: Es el caso en que ocurre resbalamiento transversal.

Es de destacar la importancia de la verificación de las condiciones de adherencia especialmente en el proceso de frenado, ya que cuando caen las condiciones de adherencia y se pasa al estado de patinamiento o resbalamiento, el conductor poco experimentado se enfrenta a una situación de difícil resolución.

Se puede decir entonces, que la eficiencia del frenado está limitada por la adherencia de las ruedas al camino. La utilización total de la adherencia de las ruedas durante el movimiento sin deslizamiento, asegura una eficacia máxima.

### 3.5.2.3. Coeficiente de fricción

La influencia del coeficiente de fricción es decisiva. La cual depende de la superficie de rodamiento, de los neumáticos, del espacio entre ruedas, y de la velocidad. Los diferentes tipos de coeficiente de rozamiento  $\mu$ , entre las llantas del vehículo y el piso, depende del estado y clase de la vía ó de la huella, lo cual depende del estado de la vía seca o húmeda y de otros tipos de terrenos.

El coeficiente de fricción varía con el tipo y condiciones de la calzada y el neumático, con las condiciones atmosféricas y ambientales, con el estado de conservación de los neumáticos y del vehículo, con la habilidad y pericia del conductor, etc.; todo ello hace que sea compleja la exacta determinación de estos valores. A los fines de

ordenar las variables, se considerara que el coeficiente de fricción puede variar en función de:

- Tipo de textura superficial de la calzada y edad
- Presencia de agua, hielo o nieve sobre la calzada
- Tipo de neumáticos, estado y presión de inflado
- Temperatura ambiente
- Velocidad del vehículo

Existen diferentes escalas de clasificaciones de las superficies de las calzadas; una de ellas, por ejemplo, la confeccionada por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras de Francia categoriza las superficies de las calzadas según un coeficiente H.S. (profundidad media de los intersticios). Este coeficiente se obtuvo tras practicar el ensayo denominado “método de la arena”, por el cual se extendía una cantidad de arena de granulometría cerrada hasta llegar a adquirir lisura. El H.S. se determinó como la relación entre la cantidad de arena extendida y la superficie ensayada.

**Tabla 3.2 Categorías de superficies de calzadas.**

Categoría A	$HS \leq 0.2 \text{ mm.}$	Textura muy fina
Categoría B	$0.2 \text{ mm} < HS \leq 0.4 \text{ mm.}$	Textura fina
Categoría C	$0.4 \text{ mm} < HS \leq 0.8 \text{ mm.}$	Textura media
Categoría D	$0.8 \text{ mm} < HS \leq 1.2 \text{ mm.}$	Textura gruesa
Categoría E	$HS > 1.2 \text{ mm.}$	Textura muy gruesa

Fuente: Accidentes de tránsito. Berardo María Graciela. Córdoba Argentina.

A continuación, se estableció el valor de HS medio para cada tipo de revestimiento.

Por ejemplo, las carpetas asfálticas tipo mortero, al ser de textura fina, abarcan las categorías A, B y C. (Al ser de textura fina, y por lo tanto presentar poca rugosidad, cobra más importancia el dibujo del neumático).

Las carpetas tipo concreto tienen rugosidad superficial variable, estando comprendidas dentro de las cuatro categorías (B, C, D y E).

Las calzadas de hormigón abarcan especialmente las categorías B y C.

En la figura 3.20 se muestran los resultados de los ensayos realizados por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras de Francia para carpetas asfálticas nuevas, tipo mortero y tipo concreto, en estado húmedo, para neumáticos lisos o con dibujo, en función de la velocidad (Km/h).

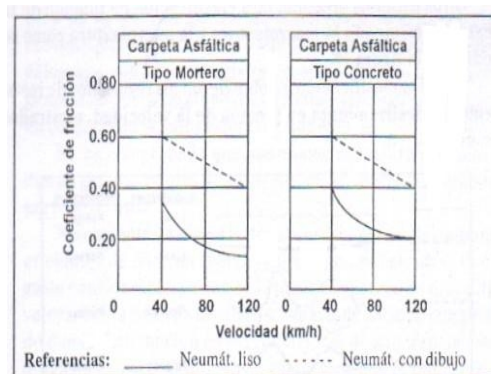


Figura 3.20 Coeficiente de fricción para carpetas asfálticas nuevas, tipo mortero y tipo concreto, en estado húmedo, en función de la velocidad.

En la figura 3.21, se muestran los resultados de los mismos ensayos para carpetas nuevas de hormigón y tratamiento bituminoso, en estado húmedo, para neumáticos lisos y con dibujo, en función de la velocidad (Km/h).

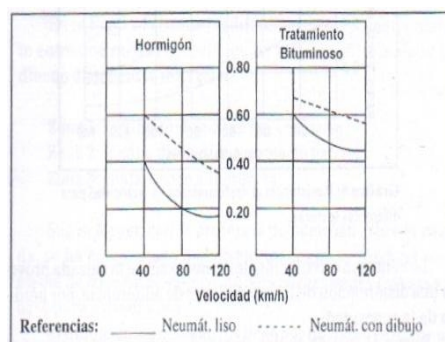


Figura 3.21 Coeficiente de fricción para carpetas nuevas de hormigón y tratamiento bituminoso, en estado húmedo, en función de la velocidad.

Otros estudios efectúan otra clasificación en función de la textura, definiendo la macro textura y la micro textura como se indica en la figura 3.22.

Para esa clasificación, se obtuvieron los resultados de resistencia al deslizamiento en función de la velocidad, mostrados en la figura 3.23.

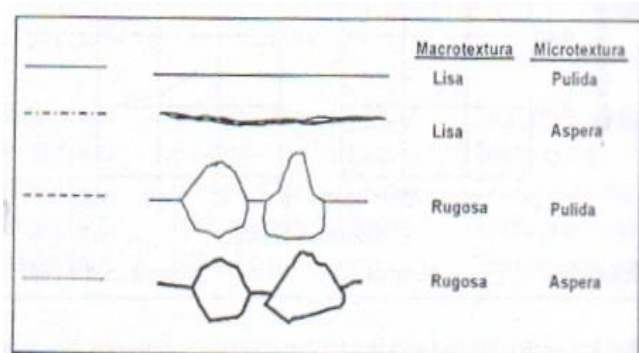


Figura 3.22 Clasificación en función de la textura.

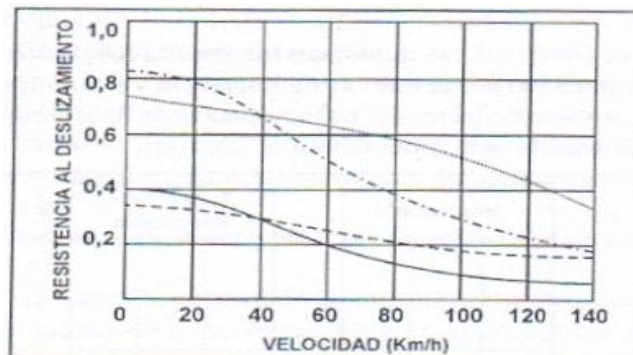


Figura 3.23 Resistencia al deslizamiento vs. velocidad para diferentes texturas.

La continua circulación del tránsito sobre la calzada provoca una disminución de las condiciones de adherencia, por pérdida de rugosidad.

Según el tipo de áridos empleado en la calzada, variará el comportamiento al desgaste. El Road Research Laboratory emplea un aparato de pulimento acelerado para estudiar dicho comportamiento, comprobando que por ejemplo, las rocas calcáreas, son las que registran coeficientes más bajos; por lo general las rocas de grano fino terminan puliéndose, arrojando en consecuencias bajos valores de adherencia.

La presencia de agua, hielo o nieve sobre la calzada, provoca una disminución del coeficiente de fricción neumático – calzada, hecho que se hace más notable a medida que la calzada se hace más lisa y los neumáticos pierden su dibujo.

En la figura 3.24 se ven las diferentes condiciones de contacto entre una rueda en movimiento y una superficie mojada, pudiendo distinguirse así 3 zonas.

Zona 1: lámina continua, no hay contacto

Zona 2: lámina discontinua, contacto parcial

Zona 3: contacto con adherencia

Con la presencia de humedad sobre la calzada, se ha comprobado que a velocidades de 60 Km/h, el coeficiente de fricción disminuye en un 50% para calzadas rugosas y un 65% para calzadas lisas.

El dibujo de los neumáticos tiene por finalidad permitir una rápida expulsión del agua, lo que se dificulta cuando tiende a desaparecer.

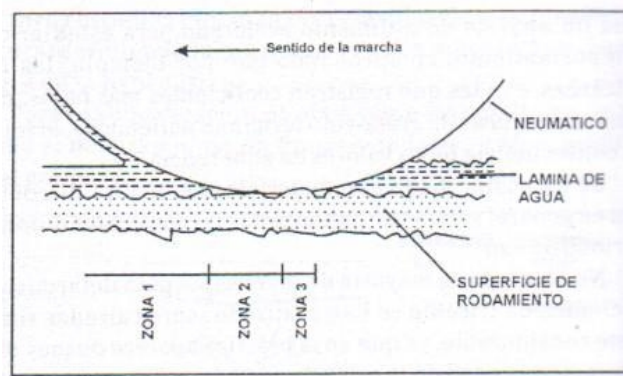


Figura 3.24 Condiciones de contacto entre una rueda en movimiento y una superficie mojada.

Cuando la lámina de agua es considerable (para espesores del orden de los 5 mm) y la velocidad del vehículo es elevada, se dificulta la expulsión del agua, produciéndose una elevación hidrodinámica de la rueda, perdiéndose el contacto entre el caucho de los neumáticos y la superficie del camino (podría decirse que los neumáticos se

apoyan sobre el agua). A este fenómeno se lo conoce con el nombre de “hidroplaneo”.

En la figura 3.25 pueden verse los resultados de ensayos realizados por el Road Research Laboratory, sobre calzada lisa, con neumáticos con dibujo.

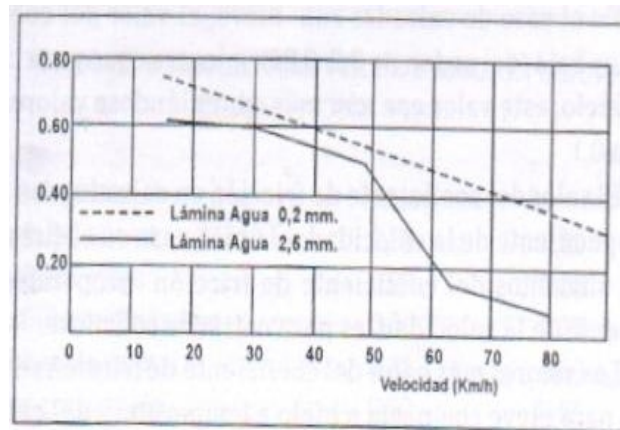


Figura 3.25 Coeficiente de fricción vs. velocidad para distintos espesores de la lámina de agua.

Se puede observar como varía el comportamiento del coeficiente en función de la velocidad, para calzadas mojadas, según se trate de una lámina de agua de 0.2 mm o una lámina de agua de 2.5 mm.

Puede verse en el caso de la lámina de agua de 0.2 mm de espesor, el coeficiente decrece paulatinamente a medida que aumenta la velocidad, mientras que para la lámina de agua de 2.5 mm el valor del coeficiente cae bruscamente para velocidades superiores a los 50 Km/h.

En el caso de calzadas con nieve, el valor del coeficiente es muy bajo (del orden de 0.2/0.25), mientras que para calzadas con hielo, este valor cae aun mas, obteniéndose valores cercanos a 0.1.

Estos valores pueden mejorarse, utilizando neumáticos especiales con clavos de tungsteno o cadenas sobre los neumáticos.

En la tabla 3.3 se muestran los coeficientes de fricción medio (neumático - calzada) para diferentes tipos de superficie de rodamiento, en estado seco y húmedo.

**Tabla 3.3 Valores de coeficiente de fricción medio para diferentes superficies de rodamiento en estado seco y húmedo.**

**(NEUMATICOS – PISO)**

<b>PISO</b>	<b>SECO</b>	<b>HÚMEDO</b>
Asfalto nuevo	0.85	0.60
Asfalto viejo	0.70	0.55
Asfalto resbaladizo	0.50	0.35
Concreto nuevo	0.85	0.55
Concreto viejo	0.70	0.55
Empedrado limpio	0.60	0.40
Ripio	0.60	0.65
Tierra dura	0.65	0.70
Tierra suelta	0.50	0.55
Arena s/pavimento	0.45	0.30
Barro s/pavimento	0.45	0.30
Barro s/pavimento	0.40	0.25
Nieve s/pavimento	0.30	0.20
Hielo cristal	0.15	0.07

Fuente: Accidentes de tránsito. Berardo María Graciela. Córdoba Argentina.

Los neumáticos con caucho más duro, más resistente, de mayor performance, aportan coeficientes de fricción más elevados que los neumáticos de caucho normal.

Pero se advierte una diferencia importante en el comportamiento de los neumáticos nuevos o viejos para calzadas en estado mojado.

**Tabla 3.4 Coeficiente de fricción según naturaleza y estado de la calzada, para neumáticos nuevos y viejos.**

Naturaleza y estado de la carretera		Neumáticos	
Naturaleza	Estado	Nuevos	Viejos
Asfalto de grava gruesa	Seco	0.90	0.90
	Mojado	0.70	0.50
Asfalto medio	Seco	0.80	0.80
	Mojado	0.65	0.55
Asfalto compacto	Seco	0.60	0.60
	Mojado	0.65	0.30
Hormigón compacto	Seco	1.0	1.0
	Mojado	0.7	0.50
Asfalto	Fangoso	0.15	0.10
	Helado	< 0.10	< 0.10

Fuente: Accidentes de tránsito. Berardo María Graciela. Córdoba Argentina.

Se ha comprobado que el coeficiente disminuye ligeramente cuando la presión de inflado de los neumáticos aumenta, ya que una presión de inflado superior a la normal reduce el área contacto; pero dado que esta variación es muy pequeña y que en la reconstrucción de accidentes habitualmente no se cuenta con este dato, se asumirá que la presión de inflado no tiene incidencia en la determinación del coeficiente de fricción.

Está comprobado que el coeficiente de fricción disminuye cuando la temperatura aumenta.

Un incremento de la temperatura ambiente de 27 grados, disminuye el coeficiente en 0.1, en el caso de carretera limpia y seca.

Reed and Keskin en su trabajo “Vehicular Response to Emergency Braking” concluyen que: para una diferencia de temperatura de 7°C a 27°C sobre superficie asfáltica seca, el coeficiente de fricción solamente decrece 0.10.

A medida que aumenta la velocidad del vehículo, disminuye el coeficiente de fricción. Esta premisa se acentúa para el caso de neumáticos lisos sobre calzadas con superficies lisas y húmedas.

Los resultados de ensayos efectuados sobre calzadas de distinta rugosidad, en estados seco y húmedo, donde se puede apreciar que para igual tipo de calzada, el coeficiente de fricción disminuye más rápidamente con la velocidad cuando la calzada está húmeda. Igualmente puede advertirse que el coeficiente cae más rápido con la velocidad a medida que se pierde la rugosidad de la superficie de contacto.

Como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 3.5 Coeficiente de fricción según el estado y tipo de superficie de rodamiento, para distintos rangos de velocidades.**

<b>COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE VARIAS SUPERFICIES DE CALZADAS</b>								
<b>DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE RODAMIENTO</b>	<b>SECO</b>				<b>HÚMEDO</b>			
	Menos de 50 km/h		Mas de 50 km/h		Menos de 50 km/h		Mas de 50 km/h	
	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A
<b><u>CEMENTO PORTLAND</u></b>								
Nuevo	0.80	1.20	0.70	1.00	0.50	0.80	0.40	0.75
Viejo	0.60	0.80	0.60	0.75	0.45	0.70	0.45	0.65
Resbaladizo	0.55	0.75	0.50	0.65	0.45	0.65	0.45	0.60
<b><u>ASFALTO O ALQUITRÁN</u></b>								
Nuevo	0.80	1.20	0.65	1.00	0.50	0.80	0.45	0.75
Viejo	0.60	0.80	0.55	0.70	0.45	0.70	0.40	0.65
Resbaladizo	0.55	0.75	0.45	0.65	0.45	0.65	0.40	0.60
Exceso de Alquitrán	0.50	0.60	0.35	0.60	0.30	0.60	0.25	0.55
<b><u>RIPIO</u></b>								
Duro	0.55	0.85	0.50	0.80	0.40	0.80	0.40	0.60
Suelto	0.40	0.70	0.40	0.70	0.45	0.75	0.45	0.75
<b><u>ROCA</u></b>								
Picada o triturada	0.55	0.75	0.55	0.75	0.55	0.75	0.55	0.75

Fuente: Fuente: Accidentes de tránsito. Berardo María Graciela. Córdoba Argentina.

Se observa que los coeficientes más altos son sugeridos para rango de velocidades más bajas.

Además, se advierte que el coeficiente decrece considerablemente para superficies húmedas.

### 3.5.2.4. Factor de frenado o deceleración (“Drag factor”).

Es común encontrar este término en bibliografía dedicada a procesos de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito.

El factor de frenado o deceleración, designado normalmente  $f$ , está definido como la fuerza requerida para decelerar dividida por el peso del vehículo.

$$f = F / P \quad (3.19)$$

También se lo puede definir como la relación entre la aceleración del objeto y la aceleración de la gravedad, por lo que el “drag factor” puede ser pensado como porcentaje de la aceleración de la gravedad.

$$a = f * g \quad (3.20)$$

Donde:

$a$  = aceleración del objeto; en este caso se trata de deceleración del vehículo, por lo que debe incluirse el signo (-)

$f$  = factor de frenado (adimensional)

$g$  = aceleración de gravedad (9.8 m/seg<sup>2</sup>)

Despejando:

$$f = a / g$$

Es común que se genere confusión entre la ecuación indicada para el coeficiente de rozamiento  $\mu$  (vista anteriormente como ecuación 3.16) y a la del factor  $f$  (ecuación 3.19).

$$\mu = F / P \quad (3.16) \quad \text{y} \quad f = F / P \quad (3.19)$$

Pero aunque las ecuaciones son iguales, ya se vio que conceptualmente son diferentes: el coeficiente de rozamiento  $\mu$  se refiere a la fuerza frenante en el contacto neumático frenado - calzada, mientras que el factor de frenado  $f$  se relaciona con la detención de todo el vehículo.

Los factores  $f$  y  $\mu$  serán iguales en los casos donde todas la ruedas estén bloqueadas y resbalando sobre superficie horizontal.

#### 3.5.2.4.1. Diferentes “drag factors”

Se ha visto que los factores  $f$  y  $\mu$  coinciden en los casos donde todas las ruedas están bloqueadas y resbalando sobre una superficie horizontal.

A continuación se analizan los casos donde debe calcularse el “drag factor” para todo el vehículo, porque no puede tomarse el mismo valor que el coeficiente de fricción en deslizamiento.

##### a) “Drag factor” Cuando no se han bloqueado todas las ruedas

Cuando un vehículo frena, el esfuerzo de frenado se reparte entre el eje delantero y el eje trasero, según una relación constante, que depende de las características del vehículo. Esto provoca un aumento de peso sobre las ruedas delanteras y una reducción sobre las traseras, alcanzándose una distribución del peso de hasta el 70% adelante y sólo el 30% atrás.

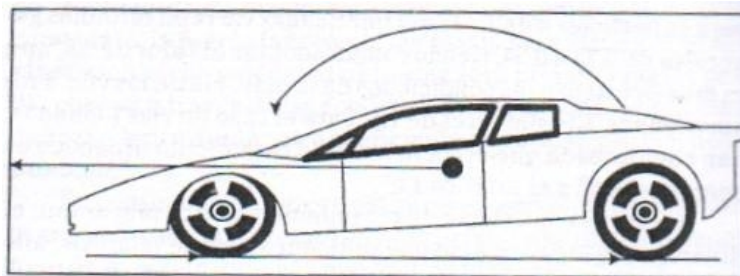


Figura 3.26 Distribución de pesos en una maniobra de frenado.

Cuando todas las ruedas están bloqueadas, no es necesario hacer correcciones por distribución de pesos. En este caso, el “drag factor” para todo el vehículo será igual al coeficiente de fricción en deslizamiento.

Pero si no se produce bloqueo en todas las ruedas, un eje tendrá “drag factor” diferente del otro, por la diferente distribución de pesos. Entonces no se puede asumir que el vehículo freno con un “drag factor” igual a las condiciones de rueda bloqueada (coeficiente de fricción en deslizamiento).

### **b) “Drag factor” En superficie no horizontal**

En el caso de un vehículo deslizándose con todas sus ruedas bloqueadas, sobre una superficie no horizontal, el drag factor no es igual al coeficiente de fricción en deslizamiento.

El drag factor para superficies en rampa o pendiente esta dado por:

$$f_p = (\mu + G) \quad (3.21)$$

Donde:

$f_p$  = drag factor en rampa o pendiente

$\mu$  = coeficiente de fricción entre neumático y superficie de rodamiento

$G$  = % de pendiente o rampa, (+) o (-), según el sentido del gradiente.

### **3.5.3. Velocidad inicial en función de la frenada**

#### **3.5.3.1. Identificación y análisis de la huella de frenado**

Las huellas presentes en la vía son el resultado de la aplicación de maniobras a lo largo de las fases de un siniestro. Permitiendo determinar la posición, el momento de la colisión y la velocidad de los vehículos.

Cuando las bandas de rodamiento dejan de rodar “agarrándose” al suelo y resbalan frotando sobre él. En este caso se ha roto el estado de rozamiento estático entre rueda y calzada.

Cuando un vehículo frena sin llegar a bloquear sus neumáticos, los neumáticos ruedan sin resbalar, las ruedas giran rodando; la zona que está en contacto con la superficie de apoyo no tiene movimiento relativo con respecto a este, entonces el rozamiento es de tipo estático.

Cuando se bloquean los neumáticos, aparece un movimiento relativo entre la superficie de apoyo y la zona de los neumáticos en contacto con ella; entonces, cuando comienza el bloqueo, el rozamiento se vuelve tipo dinámico.

Un vehículo con las ruedas traseras bloqueadas, tiende a “colear” (se cruza sobre la calzada con la consiguiente pérdida de estabilidad), mientras que si las ruedas bloqueadas son las delanteras, pierde en parte la dirección, pues sigue avanzando en recta.

Cuando ocurre el bloqueo de las ruedas, los neumáticos presentan la misma zona de contacto con la superficie de apoyo y la energía cinética se transforma en calor en esa zona de contacto. Este calor provoca el ablandamiento del caucho del neumático, que por la fricción pierde partículas, las que depositadas sobre la superficie de rodamiento, dan origen a las huellas de frenado.

Para la determinación de la velocidad inicial en función de la frenada, se considera que la huella de frenado marca el comienzo de bloqueo porque aunque las huellas aparecen visibles muy poco antes del bloqueo total de las ruedas (menos de 0.1 segundo), no se comete un error trascendente al aplicar esta simplificación.

Habitualmente no es fácil determinar el comienzo de la huella, dado que antes de la huella nítida aparece una huella difusa, cuya longitud depende de la potencia con que se hayan aplicado los frenos, no siendo posible determinar con exactitud ni su comienzo ni su final.

También es común encontrar las huellas dejadas por las ruedas delanteras superpuestas con las traseras, complicando la determinación de sus longitudes, o definir la presencia de huellas en un número inferior a 4 y de diferentes longitudes.

(En el punto 3.5.3.2.2. se analizan casos particulares con huellas de frenado irregulares).

En reconstrucción de accidentes, debe prestarse suma atención a la identificación del tipo de huella, ya que podemos encontrar huellas de frenado o huellas de derrape; en ambos casos la fricción puede provocar el depósito de partículas de caucho sobre el pavimento.

Éstas se distinguen pues las huellas de frenado muestran estrías longitudinales, mientras que las de derrape, presentan estrías diagonales.

En la figura 3.20 se pueden ver claramente definidas las estrías longitudinales, lo que estaría indicando que se trata de una huella de frenado.

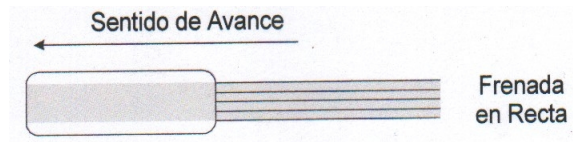


Figura 3.27 Huella de frenado.

En la figura 3.21 se puede observar la oblicuidad de las estrías, lo que indicaría que se trata de una huella de derrape.

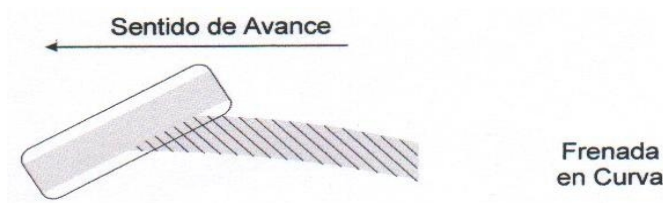


Figura 3.28 Huella de derrape.

Las huellas de derrape se originan cuando se practica un giro con una velocidad superior a velocidad denominada “velocidad crítica”  $V_c$ .

$$V_c = \sqrt{\mu_t * R * g} \quad (3.22)$$

Donde:

$\mu_t$  = coeficiente de fricción transversal

R = radio de la curva

g = aceleración de la gravedad.

No siempre se cuenta con huellas de frenado pues muchas veces se reduce a la velocidad del vehículo hasta su detención sin dejar huellas.

A continuación se darán algunos conceptos de los diversos tipos de huellas que existen cuando ocurre una maniobra brusca o choque de uno o más vehículos:

➤ **Huellas de desaceleración**

Conocida normalmente como *huella de frenada*, cuando una llanta, por efecto de los frenos se arrastra por encima de la superficie de la calzada produciendo gran cantidad de calor al transformarse la energía cinética del vehículo en energía calórica. Al observar la huella de frenado, se puede apreciar si el labrado de las llantas está en buenas condiciones dejando unas estrías en el interior de la marca de deslizamiento, o por el contrario si el labrado está gastado se notará una marca completamente tatuada. Para que una llanta marque completamente las huellas de su deslizamiento por el bloqueo de la rueda, el neumático debe ir inflado a la presión normal.

➤ **Huellas de aceleración**

Producida por el patinaje de la llanta por tracción del vehículo sobre superficies con elevada capacidad de adherencia, apreciándose en algunas ocasiones, restos de materiales lanzados en sentido contrario a la marcha del vehículo. Estas huellas serán marcadas únicamente por las llantas de tracción.

➤ **Huella de arrastre metálico**

Son causadas por lo general por la fricción de la superficie o roce con la superficie de la vía, formando diversas líneas y en algunos casos hendiduras con una parte metálica del vehículo, ya sea por volcamiento, marcas de rines, o con las partes bajas de un vehículo, etc.

➤ **Huella de arrastre de llanta**

Producidas por las ruedas de un vehículo el cual cambia su trayectoria al ser aplicada una fuerza externa opuesta en su estructura producto de un impacto. Ejemplo de ello tenemos los choques o colisiones laterales.

➤ **Huellas de derrape**

Son las producidas por la desviación lateral de un vehículo de la dirección que llevaba. En estas clases de huella se pueden encontrar ligeras estrías o líneas perpendiculares o diagonales a la dirección normal de la marcha de cada rueda.

➤ **Huellas de rodadura o trayectoria**

Producida por una rueda sin bloqueo, apreciable en superficies blandas como tierra, barro, gravilla, entre otros, o por aquellas superficies que se deforman al sobrepaso de un vehículo, dejando marcado el dibujo de la banda de rodadura y su labrado. Igualmente se pueden observar sobre superficies duras siempre y cuando exista humedad entre las dos superficies. Estas clases de huellas también pueden encontrarse en las ropas de las víctimas o en el mismo cuerpo al momento de un aplastamiento o compresión.

➤ **Huella de velocidad crítica en curva**

Se presenta cuando un vehículo toma una curva y la velocidad sobrepasa los límites contemplados para el diseño de la vía debido a las diferentes fuerzas que actúan sobre la masa, en estos casos incidiendo la fuerza lateral (fuerza centrífuga). El peso del vehículo se traslada sobre las llantas externas a la curva marcando un dibujo a partir del centro de la banda de rodadura hacia los hombros externos de la llanta, en algunos casos se apreciará una línea delgada en curva, dependiendo de la velocidad de ingreso o de maniobra.

➤ **Huellas no uniformes**

Se pueden encontrar huellas de frenado no uniforme sobre la vía, debido a diferentes causas, como por ejemplo, cuando la llanta presenta deformaciones o averías, de las cuales se destacan las siguientes:

- **Presión de Inflado Alta:** Una alta presión en el inflado de la llanta, genera una redondez (forma de balón) en la parte central de la banda de rodadura la cual queda en contacto con la superficie de la vía, generando limpieza y desgaste en esta zona de la llanta, siendo consecuente con la marcación de la huella de frenado, presentando un ancho menor al marcado por una llanta con presión de aire correcta.

- **Presión de Inflado Insuficiente:** Una presión de inflado normalmente baja, hace que los esfuerzos verticales soportados por una rueda, recaigan sobre los bordes exteriores de la banda de rodadura haciendo contacto con la superficie de la vía por el

efecto de la rigidez de la carcasa en flancos y hombros. En este caso la huella de frenado presentará una marcación de las zonas exteriores, generando dos líneas continuas.

➤ **Huellas intermitentes**

Este tipo de huellas se presentan cuando el vehículo bloquea sus llantas y la suspensión es altamente inestable. Igualmente cuando la superficie de la vía presenta ondulaciones o baches. Así mismo, las llantas traseras de los semirremolques marcan sus huellas intermitentes cuando la carga es escasa o está totalmente vacío.

También existen las huellas de materiales metálicos o duros, es decir cuando colisionan dos o más vehículos:

- **Arañazos:** Son huellas de poca profundidad.
- **Restregón:** Huella ancha de poca profundidad, son típicas de rozamiento entre la vía y elementos bajos del vehículo, como también se pueden dar por el vuelco de un vehículo y posterior arrastre de la carrocería con la calzada.
- **Hendidura:** Huella ancha muy profundidad, producidas por lo regular en la colisión entre dos vehículos.

### 3.5.3.2. Estimación de la velocidad

Es bien sabido que cuando se pisan los frenos de un vehículo fuertemente, las llantas de este se bloquean, impidiendo que sigan girando, deslizándose estas por la carpeta asfáltica a raíz de la inercia de movimiento y dirección del vehículo, donde el nuevo movimiento no es de rotación de las llantas sobre el piso, sino de apoyo sobre unos puntos que friccionan la superficie, marcando el terreno con huellas con longitudes que varían de acuerdo a la velocidad del vehículo, a las características del terreno y al tipo de partes en contacto. Aunque no siempre se deje una huella de derrape visible, la longitud de las marcas es el indicativo que nos llevara hacia la velocidad del vehículo.

Para estimar velocidad a partir de las huellas de frenado, deben determinarse dos factores de suma importancia:

- Longitud de la huella de frenada.
- Coeficiente de fricción o “drag factor” de la superficie sobre la cual tuvo lugar el deslizamiento.

- La identificación de la huella de frenada y la medición exacta de su longitud, requiere la utilización prudente de las recomendaciones comentadas en el punto 3.5.3.1. Y los casos particulares que se presentan en el punto 3.5.3.2.2.

Una vez determinada la longitud de la huella, debe deducirse la distancia entre ejes del vehículo, generalmente 2.70 a 3.00 m, hecho que se hace más relevante en vehículos largos, como vehículos de transporte público o camiones.

- La determinación del coeficiente de fricción o “drag factor” es el punto más dificultoso.

Para su determinación, se aconseja remitirse a los puntos 3.5.2.3. y 3.5.2.4. y los casos particulares presentados en el punto 3.5.2.4.1.

Si se toma un coeficiente de fricción de alguna tabla (método más común), deben realizarse los ajustes necesarios que contemplen las variables que pueden haber modificado dicho coeficiente en las condiciones vigentes al momento del accidente.

La velocidad así estimada representa la velocidad para deslizarse en la longitud de la huella hasta la detención.

### **3.5.3.2.1. Aplicación de ecuaciones**

A partir de 3 ecuaciones de física elemental, pueden establecerse diferentes formas de determinar la velocidad inicial de un vehículo en la reconstrucción de accidentes.

Las 3 ecuaciones son:

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} \quad (3.23)$$

$$d = V_i * t + \frac{1}{2} a * t^2 \quad (3.24)$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2 * a * d \quad (3.25)$$

Donde:

$a$  = Aceleración en m/seg<sup>2</sup>

$d$  = Distancia en m

$t$  = Tiempo en segundos

$V_i$  = Velocidad inicial en m/seg.

$V_f$  = Velocidad final en m/seg.

Si la distancia durante la cual el vehículo estuvo decelerando es conocida, así como la tasa de deceleración, la velocidad inicial del vehículo puede ser calculada usando la siguiente ecuación (despejada de la ecuación 3.25).

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d} \quad (3.26)$$

Donde cada factor tiene el significado expresado anteriormente.

La mayor dificultad se presenta cuando debe determinarse la tasa “ $a$ ” a la cual el vehículo decelera.

Como se vió en el punto 3.5.2.4. la tasa de deceleración de un vehículo está relacionada a su “drag factor”, mediante la aceleración de la gravedad.

$$a = f * g \quad (3.27)$$

Donde:

$a$  = Tasa de aceleración o deceleración (m/seg<sup>2</sup>)

$f$  = “drag factor” (adimensional)

$g$  = aceleración de la gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

El principal problema será entonces, determinar un “drag factor” para el caso en estudio.

A modo de referencia, se muestran en tabla los valores de “drag factor” (como porcentaje de la aceleración de la gravedad) y de deceleración que brinda Baker, J., para automóviles en superficies horizontales.

**Tabla 3.6. Valores de deceleración para automóviles en superficies horizontales.**

	Drag Factor $f = a / g$	Deceleración (m/seg <sup>2</sup> )
<i>Vehículos en punto muerto:</i>		
A menos de 30 Km/h	-0.01	-0.10
Entre 30 y 60 Km/h	-0.02	-0.20
A más de 60 Km/h	-0.04	-0.39
<i>Vehículos frenando con marcha alta:</i>		
A menos de 30 Km/h	-0.04	-0.39
Entre 30 y 60 Km/h	-0.05	-0.48
A más de 60 Km/h	-0.08	-0.78
<i>Detención gradual, frenado suave</i>	-0.10	-0.98
<i>Frenado normal, sin bloqueo</i>	-0.20	-1.96

Fuente: Accidentes de tránsito. Berardo María Graciela. Córdoba Argentina.

Con fines ilustrativos se mencionan aquí los valores de deceleración que se obtienen en frenados comunes con las cuatro ruedas y en caminos ásperos y secos, según el funcionamiento del sistema de frenos:

- Frenos en perfecto estado,  $a = 6 \text{ m/seg}^2$
- Frenos en buen estado:  $5 \text{ m/seg}^2$
- Frenos en regular estado:  $4 \text{ m/seg}^2$
- Frenos en mal estado:  $3 \text{ m/seg}^2$

Asimismo la A.A.S.H.T.O. (América Association of State Highway and Transportation Officials) define a fines de diseño geométrico dos calidades de frenado:

- Frenado lento: con deceleraciones menores a 4 Km/h por segundo ( $1.1 \text{ m/seg}^2$ ).
- Frenado normal: con deceleraciones del orden de 6 a 10 Km/h por segundo ( $1.7$  a  $2.8 \text{ m/seg}^2$ ).

### **3.5.3.2.2. Huellas de frenado irregulares**

Al examinar un escenario después de un accidente, pueden encontrarse cuatro patrones diferentes de huellas de frenado.

#### ***1.- Que no se encuentren huellas de frenado.***

Esto no está indicando que no haya existido maniobra de frenado, sino que en caso de frenado, éste habría sido insuficiente como para bloquear las ruedas, o bien las marcas pudieron desaparecer antes que llegara el personal encargado de relevarlas.

#### ***2.- Huellas de todas las ruedas de semejante longitud.***

Esto se aplicará al caso donde ninguna de ellas supera en más del 5% a la más corta. Esto indica que la totalidad de las ruedas fueron bloqueadas en el mismo momento y que la totalidad del vehículo resbaló. En este caso debe tomarse la mayor de las marcas para definir la distancia de detención y el efecto del resbalamiento determinará que el “drag factor” sea igual al coeficiente de fricción, para estimar la velocidad.

#### ***3.- Se observan longitudes muy diferentes entre las marcas de las distintas ruedas.***

Si todas las ruedas dejan marca quiere decir que el sistema de frenos fue capaz de bloquear todas las ruedas y que el conductor pudo aplicar suficiente presión al pedal para causar dicho bloqueo.

Puede ocurrir que algunas ruedas hayan bloqueado antes que otras.

Esto puede deberse a:

- Diferencias en el pavimento por el uso y el desgaste o presencia de aceites, etc., que harán que bloqueen antes las ruedas que pisan sobre partes con menor coeficiente de fricción.
- Diferencias en el peso sobre las ruedas (la rueda con menos carga, bloqueará primero). Puede deberse a un desigual reparto de cargas en el rodado o al inicio de una maniobra de evasión, previo al frenado, lo que provoca una transferencia lateral de peso de un lado al otro del vehículo.
- Diferencias en los radios de los neumáticos (la rueda con menor radio bloqueará primero).

Si los frenos son aplicados en forma brusca, la fuerza frenante bloqueará, casi instantáneamente todas las ruedas; si el freno es aplicado gradualmente, es muy probable que en la mayoría de los casos se obtengan diferentes longitudes de huellas.

#### ***4.- No todas las ruedas han dejado huellas.***

Cuando no todas las ruedas dejan marca, puede haber ocurrido que:

- Todas las ruedas hayan frenado, pero algunas no suficientemente como para bloquear la rueda.
- Algunas ruedas no hayan frenado, en tal caso, habrá que investigar por qué esa rueda no frenó. Pudo deberse a fallas en el sistema de frenos.

Esto puede averiguarse mediante inspecciones al vehículo y/o requiriendo al conductor la información de los frenos que fueron accionados.

En los casos 3 y 4, se realizaran ajustes para obtener la huella completa equivalente.

Para la estimación de velocidades en el caso de huellas irregulares (especialmente 3 y 4), comúnmente se plantean dos hipótesis:

- Tomar la longitud promedio de las huellas.
- Adoptar la huella más larga.

## **Hipótesis 1**

### **➤ Tomar la longitud promedio de las huellas.**

En el caso de contar con cuatro huellas de diferente longitud, en vehículos de cuatro ruedas (caso 3), consiste en tomar la cuarta parte de la sumatoria de las longitudes de las huellas de deslizamiento encontradas, considerando que así se toma una longitud media.

Esto implicará asumir que hubo un frenado con bloqueo completo de las cuatro ruedas en una distancia igual a la longitud promedio de las huellas.

En el caso de tener menor número de huellas que número de ruedas que no dejan marca no contribuyen al frenado, entonces igualmente habría que dividir la longitud total por 4 en el caso de vehículos de cuatro ruedas. Pero esto no es correcto, la rueda que no deja huella está indicando que no se bloqueó, y por lo tanto, lejos de no contribuir al frenado, seguramente colaboró con el mismo en mayor medida que las ruedas que alcanzaron el bloqueo. Por lo menos, podemos suponer que lo hicieron en igual medida.

Entonces esta hipótesis consistiría en dividir la sumatoria de las longitudes de las huellas por el número de huellas.

Este planteo brinda valores de velocidades menores a los reales. Es una hipótesis conservadora.

## **Hipótesis 2**

### **➤ Adoptar la huella más larga.**

Usar la huella de mayor longitud como base para la estimación de la velocidad supone asumir que todas las ruedas frenaron, en una longitud igual a la mayor de ellas y que el frenado sobre las ruedas que no dejaron marca fue el mismo que si los neumáticos hubieran estado resbalando, aunque esto no sea totalmente cierto. Como se ha visto anteriormente es posible que una rueda que no deja marca, este utilizando

Un mayor coeficiente de fricción y contribuyendo más al frenado que otra rueda del mismo vehículo que esta resbalando y dejando marca.

Por todo esto, parece razonable considerar la longitud de la huella más larga como distancia de frenado, para determinar valores de velocidad inicial, aunque debe tenerse presente que este planteo brinda valores de velocidades más altos, nada conservadores.

### **3.5.3.2.3. Huellas sobre superficies de distinto coeficiente de fricción**

Es común encontrar huellas que se desarrollan sobre superficies de distintos coeficientes de fricción. En esos casos se aplica la misma ecuación (3.26)

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d}$$

Pero el cálculo debe efectuarse desde la posición final hacia atrás, en sentido contrario a la trayectoria seguida por el vehículo, hasta llegar al punto de comienzo de la maniobra de frenado.

Las longitudes de huellas sobre diferentes superficies quedan definidas por el punto donde el centro de gravedad del vehículo cruza el borde de la vía. La velocidad inicial para cada sección es la velocidad final obtenida para la sección siguiente, según sentido de análisis (contrario a la trayectoria del vehículo).

## **3.5.4. Frenada seguida de impacto**

### **3.5.4.1. Deformación de los vehículos**

Todo material sometido a una fuerza se deforma de modo que esa fuerza le impone.

Cuando la fuerza a un cierto valor límite, al retirarla, el cuerpo recupera sus dimensiones previas y su forma; cuando la fuerza ha superado dicho valor límite, al dejar de actuar, el cuerpo no recupera sus dimensiones previas ni su forma y queda entonces con deformaciones remanentes.

El valor límite que hace que los cuerpos dejen de comportarse elásticamente, es llamado límite elástico y depende cada material específico.

Los choques reales son siempre inelásticos. Podría decirse que la mayoría de los choques son imperfectamente elásticos.

Son numerosos los casos en los que es necesario determinar el grado de deformación de los vehículos: por ejemplo, cuando no se cuenta con datos derivados de la maniobra de frenado (como longitud de huellas de frenada) y es necesario determinar, aunque sólo sea aproximadamente, la velocidad de los vehículos involucrados.

Por la multiplicidad de factores determinantes de las características de deformación ante cargas de impacto y la dificultad en su determinación. Todo ello ha originado que en su reemplazo se utilicen ensayos de choques de automóviles (crash test).

#### ➤ **Método crash test**

Son ensayos que consisten en reconstruir a tamaño natural todos los tipos de accidentes, tal como se observan en las rutas. Donde se choca un vehículo con un obstáculo fijo. El fenómeno se produce exactamente como si chocasen de frente dos coches idénticos moviéndose el uno contra el otro a idéntica velocidad.

El plano del obstáculo corresponde al plano de simetría del sistema de los dos vehículos como se observa en la figura 3.29.

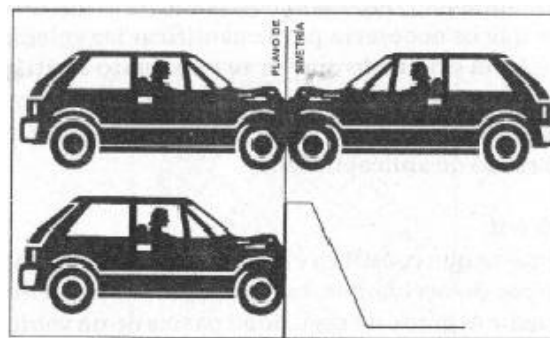


Figura 3.29 Choque entre vehículos y contra obstáculo fijo.

Para realizar estas simulaciones por computadora se divide el bastidor del vehículo en pequeñas áreas, entre 30.000 y 40.000, en el caso de un vehículo de tamaño medio. Cada una de estas áreas tiene definido con anterioridad su comportamiento cuando se aplican sobre ellas determinadas fuerzas.

En la figura 3.30 se observa como la superficie del vehículo se ha convertido, gracias a la simulación, en un mapa donde se puede leer la deformación resultante del impacto.

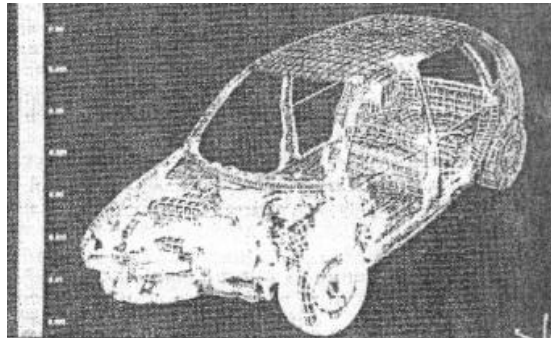


Figura 3.30 Bastidor de vehículo mediano dividido en áreas para la simulación.

De estos ensayos se logró obtener la energía de deformación, considerando las superficies o volúmenes deformado, empleando coeficientes de rigidez para cada rodado según la zona de impacto y el ángulo de incidencia del impacto. Logrando clasificarlos en tablas de acuerdo a la distancia de sus ejes.

El método que se expone parte de considerar que la energía disipada para producir el daño es:

$$E = \{(G * W) + [A + (B * x)] * \text{area}\} (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

Donde:

$G = A^2 / (2B)$  representa la energía disipada por deformaciones permanentes.

$W$  = ancho afectado por las deformaciones.

$A$  = máxima fuerza por unidad de ancho dañado que no causa deformaciones permanentes.

$B$  = coeficiente de resistencia al impacto por unidad de ancho dañado.

$x$  = distancia del centroide del área dañada a la superficie original del rodado.

$\alpha$  = ángulo de incidencia (ángulo entre la dirección del impacto y la perpendicular a la superficie original del rodado).

La determinación de “x” y de “Áreas” necesita la integración numérica de las distancias medidas normalmente a la superficie original del rodado, entre esta y la superficie dañada o sea los acortamientos o “penetraciones” del daño (**Pi**). Para asegurar la aplicabilidad del método, los acortamientos o penetraciones deben ser medidos equidistantemente. La fórmula desarrollada para seis penetraciones, es:

$$E=(W/5)\{5*G+(0.5*A).[P_1+2.P_2+2.P_3+2.P_4+2.P_5+P_6]+(B/6).[P_1^2+2.P_2^2+2.P_3^2+2.P_4^2+2.P_5^2+P_6^2+P_1.P_2+P_2.P_3+P_3.P_4+P_4.P_5+P_5.P_6]\}(1 + \text{tg}^2\alpha) \quad (3.28)$$

**Tabla 3.7 Coeficientes A, B, G, según la zona deformada (Frontal, Trasera o Lateral) y la distancia de sus ejes.**

		AUTOMÓVILES				
		Coeficientes	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Dist. e/ejes (cm)		205.49 a 240.79	240.79 a 258.06	258.06 a 280.42	280.42 a 298.45	Mayor a 298.45
FRONTAL	A (Kg/cm)	32.19	32.98	36.90	38.47	51.56
	B (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.07	4.59	4.92	4.69	7.97
	G (Kg)	102.18	118.48	138.38	157.78	166.78
TRASERO	A (Kg/cm)	30.81	28.99	33.86	33.22	52.22
	B (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.82	3.47	3.64	3.30	9.77
	G (Kg)	124.25	121.10	157.49	167.21	139.56
LATERAL	A (Kg/cm)	15.76	17.86	17.10	24.47	24.47
	B (Kg/cm <sup>2</sup> )	4.20	4.65	5.46	6.68	6.68
	G (Kg)	29.57	34.30	26.78	44.82	44.82

Fuente: Accidentes de tránsito. Berardo María Graciela. Córdoba Argentina.

En consecuencia, la velocidad de circulación previa de impacto se obtiene del siguiente modo:

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d_1}$$

$$EC = 1/2 * m * V_f^2 \quad \text{Ecuación de la energía cinética} \quad (3.29)$$

$$V_f^2 = \frac{2 * Ec}{m}$$

$$V_i = \sqrt{\frac{2 * Ec}{m} - 2 * a * d_1} \quad (3.30)$$

### 3.5.5. Desplazamientos de los vehículos posterior al impacto

La deformación sobre un vehículo involucrado en un accidente permite conocer la energía remanente tras impacto, pero nada dice sobre la forma en que ocurrió el hecho ni las velocidades relativas de los vehículos intervinientes en el evento.

Esto se puede ver claramente al analizar el caso siguiente, donde las posiciones de dos móviles de igual peso al primer contacto son iguales, pero ellos están previamente animados de diferentes velocidades.

En la figura 3.31 el móvil B está detenido, mientras que A lleva una velocidad de 50 Km/h con dirección desde el Norte hacia el Sur.

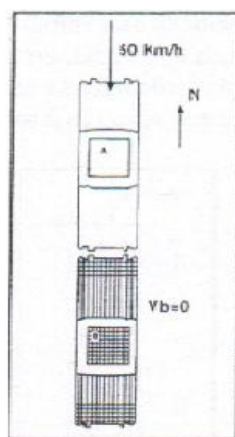


Figura 3.31  $V_a = 50 \text{ Km/h}$  (de Norte a Sur);  $V_b = 0$ .

En la figura 3.32 el móvil A está detenido mientras que B circula desde el Sur hacia el Norte a 50Km/h.

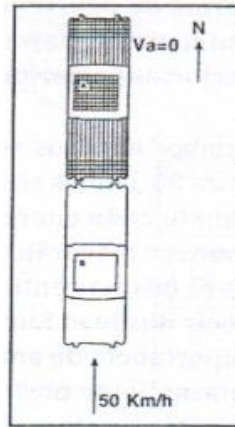


Figura 3.32  $V_b = 50$  Km/h (de Sur a Norte);  $V_a = 0$ .

En la figura 3.33, ambos móviles están en movimiento: el móvil A a 15 Km/h desde el Norte hacia el Sur y el móvil B a 35 Km/h, desde el Sur hacia el Norte, resultando una velocidad total de 50 Km/h (igual velocidad que en los casos anteriores).

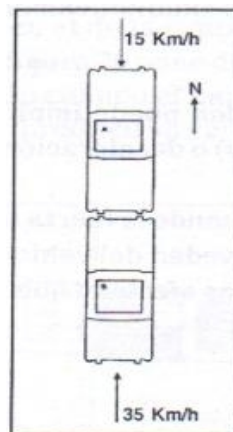


Figura 3.33.  $V_b = 15$  Km/h (de Norte a Sur);  $V_b = 35$  Km/h (de Sur a Norte).

Para conocer la forma de ocurrencia del evento y cuál de los vehículos estaba animado con mayor velocidad, es necesario un análisis de trayectorias posteriores al impacto y sus posiciones finales.

En la figura 3.31, ambos cuerpos se moverán hacia el Sur, mientras que la figura 3.32, ambos se moverán hacia el Norte.

En la figura 3.33, donde cada cuerpo se mueve con sentido opuesto al del otro, ambos se moverán durante el impacto y con posterioridad a él con el mismo sentido en el que lo hacía el de mayor velocidad, es decir desde el Sur hacia el Norte.

Esto muestra la importancia de analizar en accidentes, el desplazamiento posterior al impacto y la ubicación final de los vehículos involucrados.

### 3.5.5.1. Trayectorias post impacto

Los movimientos que ocurren durante el choque responden a fuerzas que pueden originar.

- Modificación de la velocidad de los vehículos involucrados.
- Rotación
- Cambio de dirección.
- Más de uno de ellos simultáneamente y hasta todos ellos juntos.

El **cambio de velocidad** puede implicar aceleración (en el caso de choques de atrás) o deceleración (en otros casos). La **rotación** ocurre cuando la fuerza impactante no está aplicada en el centro de gravedad del vehículo. Ello motiva que un lado del vehículo sea más afectado que el otro, lo que provoca la rotación.

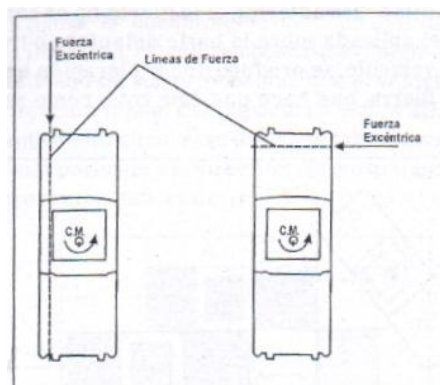


Figura 3.34 Fuerzas excéntricas que provocan rotación.

Comparando los dos esquemas de la figura 3.27, vemos que aun con fuerzas actuantes de igual magnitud, la rotación que se origina es mayor cuanto mayor es la distancia que separa el punto de aplicación de la fuerza del centro de gravedad del vehículo.

En esa figura, vemos que la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el centro de masa en el vehículo de la derecha es mayor que el de la izquierda por lo que la rotación originada en el móvil de la derecha será de mayor magnitud que la originada en la izquierda.

El ejemplo de la figura 3.35 pone de manifiesto que cuando la fuerza es centrada, aún cuando el impacto ocurre sobre un vehículo detenido, sólo se producirán cambios de velocidad pero no habrá rotación.

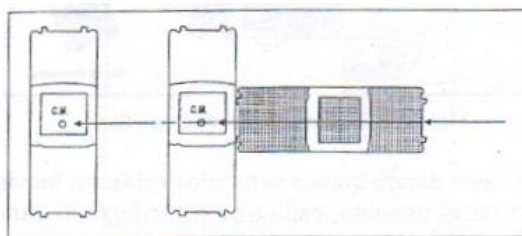


Figura 3.35. Fuerza centrada sobre vehículo detenido. No hay rotación.

En el mismo caso anterior, si la fuerza no es centrada, es decir que es aplicada sobre la parte delantera o trasera del lateral del vehículo, se produce una aceleración en la dirección de la fuerza, que hace que este rote, como se ve en la figura 3.36.

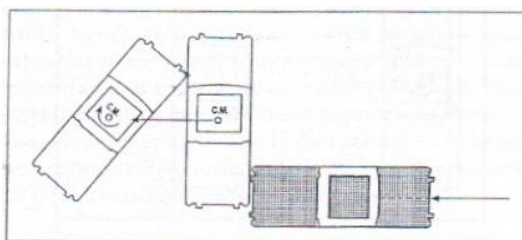


Figura 3.36. Fuerza excéntrica sobre vehículo Detenido. Produce rotación.

El **cambio de dirección** sucede cuando la fuerza es excéntrica y ocurre un impacto contra un objeto fijo, como se muestra en figura 3.37. El vehículo no puede continuar en la misma dirección. Un lado del vehículo es detenido, mientras que el otro

continúa desplazándose. Entonces, el vehículo debe girar sobre la parte que está detenida, alrededor del punto de contacto; esta rotación le da una nueva dirección.

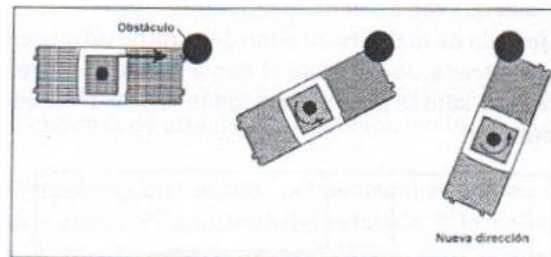


Figura 3.37 Impacto contra obstáculo fijo.

En los casos donde ambos vehículos están en movimiento cuando ocurre el impacto, cada uno contribuye al cambio de velocidad, rotación y dirección del otro.

En la figura 3.38 pueden verse dos vehículos de masa semejante que impactan, estando ambos en movimiento. El vehículo A está animado de mayor velocidad que el vehículo B entonces, la dirección inicial del impacto no estará alineada con el movimiento de ninguno, pero dado que las masas semejantes, será más parecida a la dirección del movimiento del vehículo de mayor velocidad, es decir el A.

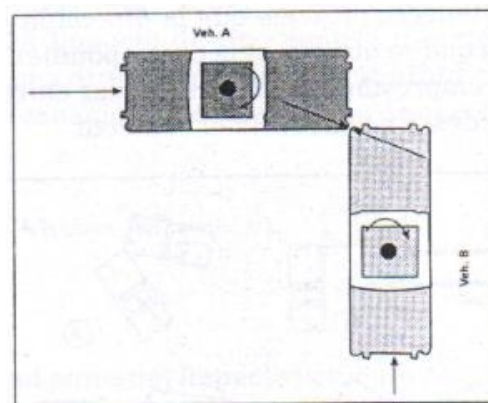


Figura 3.38 Impacto entre vehículos en movimiento.  $V_a > V_b$ .

Si en cambio, ambos están animados de velocidades semejantes (siempre considerando vehículos de iguales características), la dirección del impacto forma el mismo ángulo con las direcciones de los movimientos de ambos vehículos, como se muestra en la figura 3.39.

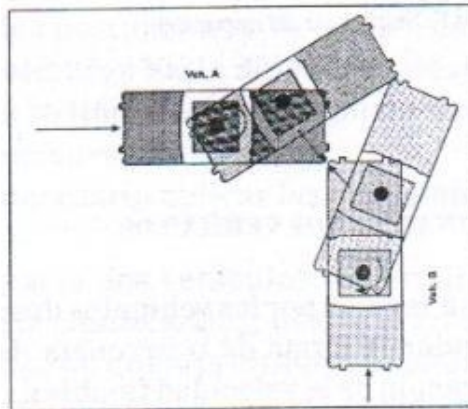


Figura 3.39. Impacto entre vehículos en movimiento.  $V_a \sim V_b$ .

En este caso, las fuerzas impactantes sobre ambos vehículos son excéntricas, por lo que se produce la rotación de ambos rodados en direcciones opuestas.

El ángulo con que ocurre el choque, generalmente indica la existencia de dos impactos: el primero, severo y otro el segundo, mucho más moderado, tal como se muestra en la secuencia de la figura 3.40.

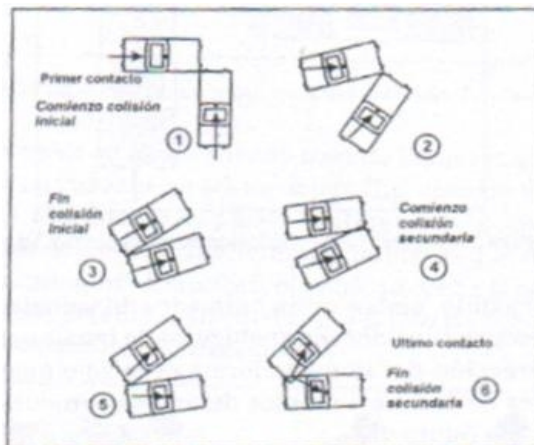


Figura 3.40 Secuencia de impactos.

Cuando se inspecciona un vehículo que ha sufrido un accidente, debe tenerse presente que la dirección y magnitud de deformación que se observa es la correspondiente al momento de máxima compresión (cuando las fuerzas entre los vehículos son más grandes) y no en el primer contacto.

### 3.5.5.2. Posición final de los vehículos

La trayectoria seguida por los vehículos después del impacto ayuda a entender la forma de ocurrencia del evento. Pero para la determinación de la velocidad también es necesario conocer la posición final ocupada por cada uno de los vehículos involucrados en el accidente. Afortunadamente, este dato casi siempre está disponible para la reconstrucción del hecho.

Se debe aplicar los principios de conservación de cantidad de movimiento, y conservación de energía es sencillo arribar a las fórmulas que permiten conocer las velocidades iniciales de los vehículos involucrados en un accidente.

Se suponen dos vehículos A y B de diferentes pesos que colisionan en un impacto de *tipo central directo*, circulando ambos en la misma dirección y con igual sentido.

Del análisis físico del impacto central directo surgen las ecuaciones básicas a utilizar.

Se consideran dos cuerpos de masa  $ma$  y  $mb$  (figura 3.41) que chocan sobre la línea de impacto a las velocidades  $Va$  y  $Vb$  respectivamente.

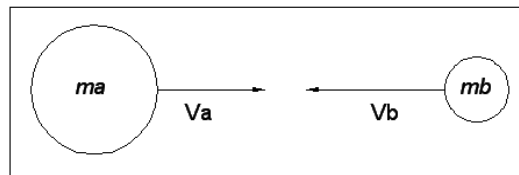


Figura 3.41 Impacto central directo. Antes del choque.

En el momento de máxima compresión, ambos cuerpos se deforman con la misma velocidad  $U$  (figura 3.42).

*Durante el choque (en la compresión máxima).*

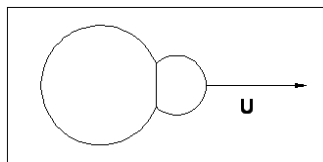


Figura 3.42 Impacto central directo. Momento de máxima compresión

Después del choque, continúan con las velocidades  $Va'$  y  $Vb'$  (figura 3.43).

*Después del choque*

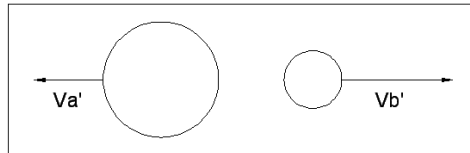


Figura 3.43 Impacto central directo. Después del choque.

El principio de la conservación de la cantidad de movimiento, expresa que: ***“la cantidad de movimiento total antes de la acción es igual al total de la cantidad de movimiento después de la acción”***, entendiéndose por cantidad de movimiento al producto de la masa por la velocidad.

Aplicando este principio a la reconstrucción de accidentes, se tiene que la acción a la que se refiere el enunciado es la colisión propiamente dicha, entonces el enunciado sería: ***“la cantidad de movimiento total antes del impacto es igual al total de la cantidad de movimiento después del mismo”***.

La ecuación que refleja este principio es:

$$m_a * V_a + m_b * V_b = m_a * V_a' + m_b * V_b' \quad (3.31)$$

$V_a$  = velocidad antes del impacto vehículo A

$V_b$  = velocidad antes del impacto vehículo B

$V_a'$  = velocidad post impacto vehículo A

$V_b'$  = velocidad post impacto vehículo B

$m_a$  = masa vehículo A

$m_b$  = masa vehículo B

Si sólo se conocen las masas de ambos vehículos, la ecuación planteada presenta cuatro incógnitas. Se puede determinar las velocidades pos impacto  $V_a'$  y  $V_b'$ , conociendo cómo los vehículos deceleraron hasta detenerse, después del impacto. Así, la ecuación se limita a dos incógnitas, aunque esto brinda numerosas soluciones.

Entonces, es necesario aplicar las ecuaciones de conservación de energía.

Antes del impacto, los vehículos tenían una determinada cantidad de energía cinética. Después de la colisión, ambos vehículos tendrán algo de energía cinética (menor que la energía cinética anterior al impacto) y energía correspondiente al trabajo total que provocó los daños en los vehículos.

El principio de conservación de energía dice que: ***“la energía cinética total antes del impacto tiene que ser igual a la suma de la energía cinética pos impacto y la energía debida a los daños de los dos vehículos”***.

La ecuación que expresa el principio es:

$$\frac{1}{2} * m_a * V_a^2 + \frac{1}{2} * m_b * V_b^2 = E_d + \frac{1}{2} * m_a * (V_a')^2 + \frac{1}{2} * m_b * (V_b')^2 \quad (3.32)$$

El valor de  $E_d$  puede obtenerse a partir de las recomendaciones del Método crash test.

Si ambos vehículos circulan en la misma dirección y con igual sentido, para que ocurra un choque el vehículo A debe ir a mayor velocidad que el vehículo B, en consecuencia A impacta a B; la velocidad del impacto es:

$$V_i = V_a - V_b \quad (3.33)$$

Dado que  $m = p/g$ , utilizando las ecuaciones (3.31), (3.32) y (3.33), se obtiene que:

$$V_i = \frac{\sqrt{2 * g * E_d * (P_a + P_b)}}{P_a * P_b} \quad (3.34)$$

Por el tipo de evento planteado, la velocidad post impacto de ambos vehículos es:

$$\text{Entonces } V_a' = V_b' = V'$$

Las velocidades post impacto pueden determinarse conociendo las distancias viajadas por los vehículos después del impacto, aplicando la ecuación (3.26).

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d} \quad (3.35)$$

La única dificultad en la aplicación de esta ecuación es la determinación del “drag factor” después del impacto, el que puede ser determinado a partir de las recomendaciones del punto 3.5.3.2.

Luego, la velocidad del vehículo A antes del impacto es:

$$V_a = \frac{V_i * P_b}{P_a + P_b} + V' \quad (3.36)$$

$$V_b = V_a - V' \quad (3.37)$$

Es casi imposible que ocurra un accidente que responda desde el punto de vista físico a un impacto de tipo central directo, tal como el que se utilizó para llegar a las ecuaciones básicas, lo habitual es tener que analizar impactos de tipo central oblicuo o excéntricos.

Es casi imposible que ocurra un accidente que responda desde el punto de vista físico a un impacto de tipo central directo, lo habitual es tener que analizar impactos de **tipo central oblicuo** (donde una a ambos cuerpos se mueven en una línea que no es la de impacto) o excéntricos (donde los centros de masa de los dos cuerpos que chocan, no se ubican sobre la línea de impacto).

Para el caso de vehículos involucrados en un choque moviéndose sobre direcciones que presentan un cierto ángulo, existe un procedimiento gráfico que permite, aplicando el principio de conservación de cantidad de movimiento, determinar las velocidades de aproximación de estos rodados.

Para la aplicación de este procedimiento gráfico es necesario conocer previamente:

1. peso total de cada vehículo.
2. dirección de trayectoria previa al primer contacto de ambos vehículos.
3. trayectoria post impacto de los vehículos.
4. velocidad post impacto de cada vehículo.

1. Los pesos de los vehículos pueden obtenerse de los catálogos de especificaciones técnicas; no debe olvidarse adicionar el peso correspondiente a conductor y/o pasajeros, si los hubiere.
2. Para determinar la dirección de trayectoria de los vehículos al primer contacto, debe efectuarse un análisis del impacto propiamente dicho que permita el conocimiento de la dirección de la fuerza actuante y punto de aplicación sobre cada vehículo, en función de los daños observados sobre ellos. Los movimientos de las distintas partes del vehículo y las profundidades de deformación deben permitir localizar el punto de aplicación y la dirección de la fuerza sobre los vehículos, para realizar un gráfico como el siguiente:

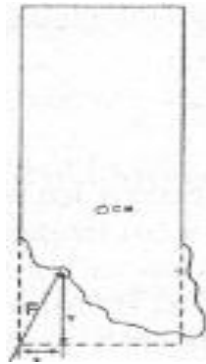


Figura 3.44 Determinación de la dirección de la fuerza (F).

Realizando ese diagrama para ambos rodados, se obtienen esquemas como los de la figura 3.45.

En esa figura se muestran las direcciones de las fuerzas y rotación resultante de los vehículos, basados en las observaciones de los daños y separación de los centros de gravedad, respectivamente.

Como puede verse la fuerza actuante sobre el vehículo B es excéntrica, lo que origina sobre este rodado una rotación (en este caso con sentido horario).

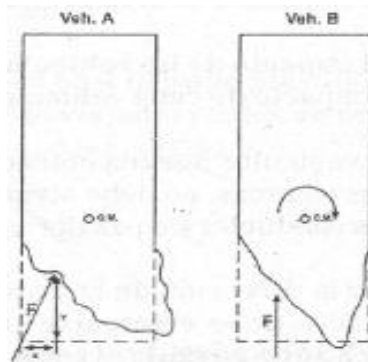


Figura 3.45 Determinación de la dirección de las fuerzas (F). En ambos vehículos.

La posición de los rodados al momento de máxima compresión se puede obtener haciendo coincidir el área más afectada de un vehículo con la parte más dañada del otro y ubicando alineadas las direcciones de las fuerzas actuantes, como se muestra esquemáticamente en la figura 3.46.

La posición de los vehículos al primer contacto presentará un ángulo entre ellos menor que el existente al momento de máxima compresión, ya que el vehículo B practicó una rotación mientras el vehículo A, no (figura 3.47). El cambio del ángulo entre los vehículos en el primer contacto y en el momento de máxima compresión depende de la dirección y magnitud de la(s) rotación(es) practicada.

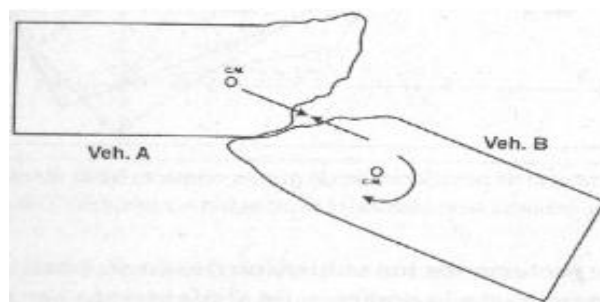


Figura 3.46 Posición de los vehículos en el momento de máxima compresión.

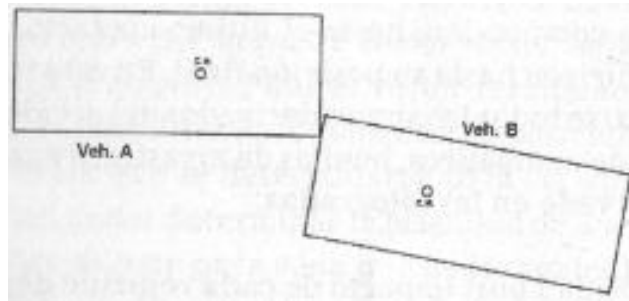


Figura 3.47 Posición de los vehículos al primer contacto.

En consecuencia, a partir del análisis de los daños observados sobre los vehículos y la determinación de la dirección de las fuerzas actuantes, pueden conocerse las distintas posiciones que ocuparon ambos vehículos desde el primer contacto hasta el momento en que se separaron y continuaron con sus trayectorias pos impacto, pudiendo estas ser coincidentes o no (figura 3.48).

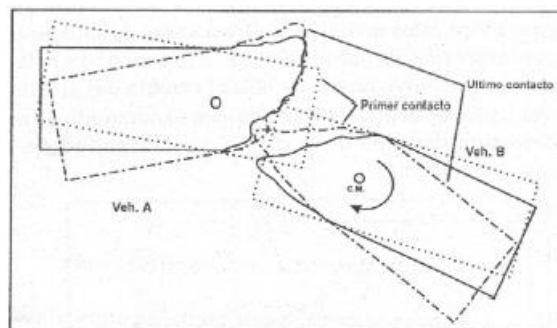


Figura 3.48 Secuencia de posición desde el primer contacto hasta último contacto.

3. La trayectoria de los vehículos desde su posición en el último contacto hasta la posición final, puede obtenerse moviendo patrones de autos a escala desde el primer contacto, pasando por las posiciones al momento de máxima compresión, hasta el último contacto, donde se separan y se dirigen hasta su posición final. En esta trayectoria deben respetarse todos los signos derivados del accidente, tales como marcas de neumáticos, huellas de arrastre, frenadas, etc. Y lo observado en las fotografías.
4. La velocidad post impacto de cada vehículo depende de la distancia viajada después del contacto y del “drag factor” después del impacto.

Conocidos los pesos de ambos vehículos y sus velocidades post impacto, el método gráfico consiste en dibujar a escala los vectores cantidad de movimiento (masa x velocidad) en la dirección que siguieron los vehículos después del contacto para luego determinar el vector cantidad de movimiento resultante post impacto.

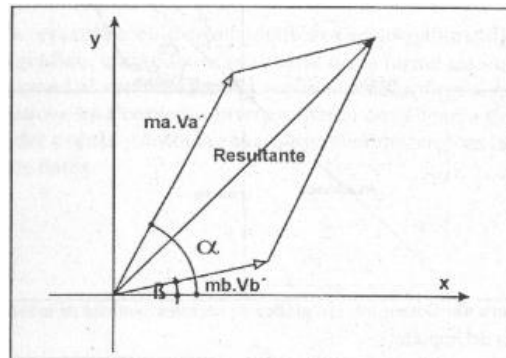


Figura 3.49 Vectores cantidad de movimiento post impacto y resultante.

Aplicando el principio de conservación de cantidad de movimiento, que postula que la cantidad de movimiento total antes del impacto es la misma que la cantidad de movimiento total después del impacto (representada aquí por el vector resultante de la figura 3.49), se dibuja el vector resultante de la cantidad de movimiento antes del impacto. Dicho vector será de igual dirección e igual magnitud que el vector resultante después del impacto. Ello permitirá hacer una descomposición vectorial en las direcciones que se determinaron para las trayectorias pre impacto y así poder determinar la magnitud de los vectores cantidad de movimiento para cada uno de los vehículos, antes del choque, como se muestra esquemáticamente en figura 3.50.

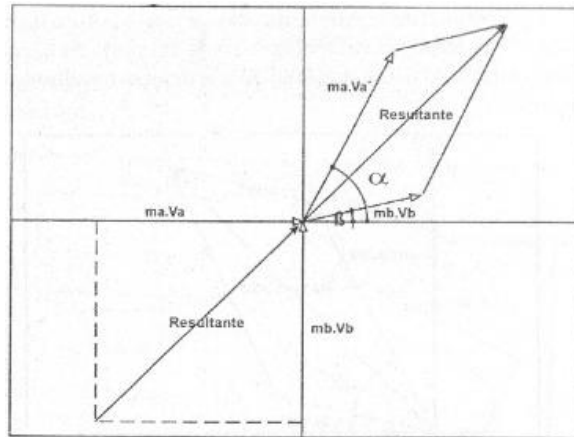


Figura 3.50 Determinación gráfica de vectores cantidad de movimiento antes del impacto.

Luego, dividiendo cada uno de los vectores cantidad de movimiento obtenido por la masa de cada vehículo, se determina a escala el valor de la velocidad antes del impacto de cada uno de los vehículos involucrados.

### 3.6. Metodología de peritaje de accidentes de tráfico

El Método de Peritaje de accidentes de tráfico se puede expresar en pasos secuenciales que se resumen de la siguiente manera:

- a) Recolección de datos referidos al hecho.
- b) Elaboración de hipótesis de cómo pudo haberse producido el accidente.
- c) Análisis de los datos.
- d) Reconstrucción del accidente.
- e) Conclusiones de cómo sucedió el accidente, reglamentaciones violadas y responsabilidades de los protagonistas.

#### Análisis de los pasos secuenciales

##### a) Recolección de datos.

Esta etapa del Método para Investigar Accidentes requiere apersonarse lo más rápidamente posible al lugar del hecho, a efectos de realizar las siguientes tareas.

- Llegar a la escena del hecho lo más antes posible, ya que el demorarse demasiado puede ser parte vital de cómo llegar a la conclusión de los hechos, ya que el objetivo de llegar a tiempo es para resguardar los elementos o marcas o cualquier otra evidencia que pueda resultar útil a la investigación y que personas ajenas a la investigación puedan alterar, quitar o destruir.
- Tomar fotografías desde distintos ángulos y con vistas panorámicas, mostrando las partes dañadas de los vehículos y también las no dañadas; las fotografías también deberán mostrar la ubicación de las manchas, marcas de arrastre o de frenada, estado de los neumáticos y del sistema de frenos si estos tienen deficiencias.
- Confeccionar un croquis ilustrativo, el cual podrá ser inicialmente sin escala, pero que de igual manera deberá contener la mayor cantidad de elementos que ayuden al trabajo posterior de peritaje.
- Recolectar objetos, suele acontecer que en el lugar donde se produce la colisión quedan objetos esparcidos, por ejemplo, trozos de elementos metálicos cuyo análisis será posteriormente establecido.
- Entrevistar a testigos, hay que confeccionar un acta en la que quedará constancia de la fecha, lugar y hora en que se realiza la entrevista, referencias de la persona y luego se le indagará sobre el hecho.

#### **b) Elaboración de hipótesis.**

En esta etapa el Investigador, ya sea por conocimiento de hechos similares o por deducción, elaborará una o varias hipótesis de cómo pudo haberse producido el accidente. La búsqueda de los datos o de requerimientos periciales apuntará a corroborar la o las hipótesis.

#### **c) Análisis de los datos.**

Analizar los datos recolectados en el lugar del hecho, es una tarea que hará posible fortalecer la hipótesis de cómo ocurrió el accidente o bien, podrá hacer que se modifique aquella.

#### **d) Reconstrucción del Accidente.**

La reconstrucción del accidente puede ser necesaria, es a juicio del investigador realizarla o no; a ella pueden ser convocados los protagonistas, conductores y víctimas, los testigos oculares del hecho, personal policial interviniente que fue el primero en llegar al lugar.

En la reconstrucción lo que se busca es determinar cuál fue el comportamiento de los protagonistas, estableciendo dirección y sentido de marcha anterior al choque, cálculo de la velocidad a la que iban los involucrados del hecho para ver si iban a una velocidad permitida, ubicación de baches y de elementos que favorecieron u obstaculizaron la visual, el estado del camino y otros que a juicio del que investiga sean útiles para esclarecer el hecho.

#### **e) Conclusiones**

Con los datos obtenidos, se realiza la reconstrucción del accidente si fuese necesario y el informe técnico correspondiente al hecho, donde se determinará cuáles son las reglamentaciones que se han infringido y quiénes son los protagonistas del hecho que son responsables de las infracciones y con esto determinar como sucedió el accidente.

#### **3.6.1. Reconstrucción de accidentes**

La reconstrucción de accidentes la podemos definir como el proceso para determinar, a partir de la información disponible, cómo ocurrió el accidente. En el proceso de la investigación de un accidente, es el paso siguiente al análisis de los datos recogidos y el que precede a la fase de hipótesis de las causas que lo han originado, es decir por qué ocurrió.

La reconstrucción de accidentes de tráfico se realiza partiendo de las evidencias físicas producidas por el accidente, analizándolas a la luz de las leyes de la física y empleando técnicas de representación gráfica, medición de la huella de frenado como también la deformación de los vehículos. Empleando todas estas técnicas es posible, partiendo de las evidencias físicas del accidente reconstruir la trayectoria de cada vehículo o peatón antes y después del accidente, calcular las velocidades

desarrolladas y así determinar con un alto grado de precisión la forma en que un accidente de tráfico ha ocurrido.

Para una buena reconstrucción se tendrá que atender en primer lugar a que la información recogida sea de máxima calidad, evitar comenzar el estudio con conclusiones predeterminadas derivadas de estereotipos o de las declaraciones de los testigos presenciales o implicados en el accidente sin previamente comprobarlas ya que esto conduce a desechar hipótesis porque no correspondan a esa idea previa del desarrollo del accidente.

La reconstrucción de accidentes se desarrolla por diferentes motivos, con diferentes objetivos y por distintas personas.

La reconstrucción de la secuencia del accidente requiere la realización de gran número de complicados cálculos matemáticos en aplicación de los principios de conservación de la energía, energías de deformación, el principio de conservación de la cantidad de movimiento, etc.

La reconstrucción del accidente de tránsito sirve de apoyo a las Autoridades Competentes, Fiscales y Jueces de Tránsito, para establecer con claridad las circunstancias que conllevaron a que se suscite el accidente, tomando en cuenta y estableciendo el grado de responsabilidad de quienes hayan intervenido en un siniestro, verificando principalmente las condiciones de la vía, su funcionalidad, sentidos de circulación, señalética, versiones de testigos, huellas, vestigios que posiblemente continúen en el lugar de los hechos y más datos que nos ayuden a identificar las causas probables del accidente. La reconstrucción del accidente implica el aporte de todos los elementos necesarios para determinar cómo y por qué se ha producido el percance. En la reconstrucción de los hechos se deben utilizar los vehículos involucrados. Se considera que el cierre de las vías es muy importante para evitar que terceras personas entorpezcan la reconstrucción misma, para lo cual se debe contar con la respectiva colaboración de la Policía de Tránsito. En las diversas versiones participarán los imputados, testigos, ofendidos y las respectivas autoridades judiciales.

### **3.6.2. Etapas de la reconstrucción de hechos**

La reconstrucción de los accidentes se divide en tres etapas:

- Forma como circulaban los objetos involucrados.
- Punto del siniestro.
- Posición final de los vehículos o elementos que intervienen en el accidente.

### **3.6.3. Casos en que se recomienda realizar la reconstrucción del accidente**

- Esencialmente la reconstrucción del accidente de tránsito debe ser obligatoria en todos los casos de siniestros en donde haya intervenido la Fuerza Pública.
- Cuando exista cuantías económicas importantes involucradas, y se haya levantado un Parte Policial y que a su vez este remitido a la Autoridad de Turno, quién dispondrá que se realicen todas las diligencias necesarias que servirán para esclarecer el hecho.
- Se tomará en cuenta aquellos accidentes de tránsito en donde se vieren afectados de muerte o lesión, aquellas personas que fueron participes de un accidente y que una de las partes se haya dado a la fuga.
- Cuando se sospeche fraude, en la versión de los implicados, al realizar un estudio de los daños presentados en los vehículos.

### **3.6.4. Pasos secuenciales para la reconstrucción de accidentes**

A continuación se presenta los pasos a seguir para la reconstrucción de accidentes.

#### **3.6.4.1. Atropello**

Primeramente se debe identificar bien que es un atropello, tal como se dijo en el capítulo 2 es el impacto de un vehículo en movimiento a un peatón, un ciclista o un motociclista, existiendo proyección. Los pasos a seguir son los siguientes:

##### **a) Identificación del accidente**

- ✓ Lugar del hecho: Nombre de la calle, intersección o avenida del hecho
- ✓ Fecha y hora: Propio del tiempo que ocurrió el siniestro
- ✓ Número de placa del o los vehículos involucrados

## **b) Recolección de datos**

- ✓ Vehículos involucrados
- ✓ Sentido de circulación del peatón y del o los vehículos involucrados
- ✓ Víctimas del hecho
- ✓ Verificación de señalización existente
- ✓ Tipo y estado de las vías
- ✓ Características del tránsito
- ✓ Tomar fotografías del lugar de los hechos y del o los vehículos.
- ✓ Identificar el tipo y marca de vehículo, caso contrario establecer su peso
- ✓ Cuantificar el peso promedio de las personas que se encontraban en el vehículo embistente
- ✓ Medir las huellas de frenado de todas las ruedas del vehículo embistente
- ✓ Confeccionar un croquis ilustrativo de lugar de los hechos, con los involucrados.
- ✓ Entrevistar a los involucrados y testigos oculares del hecho.

## **c) Cálculo de la velocidad**

Para hallar la velocidad a la que iba el vehículo que atropella, se lo puede realizar por las huellas de frenada y tomando en cuenta la energía cinética.

- ✓ De tabla 3.3 se obtiene el coeficiente de fricción  $\mu$
- ✓ De la ecuación 3.20 obtenemos la aceleración del vehículo:

$$a = \mu * g$$

También se puede sacar los valores de deceleración que se obtienen en frenados comunes con las cuatro ruedas y en caminos ásperos y secos, según el funcionamiento del sistema de frenos:

- Frenos en perfecto estado,  $a = 6 \text{ m/seg}^2$
- Frenos en buen estado:  $5 \text{ m/seg}^2$
- Frenos en regular estado:  $4 \text{ m/seg}^2$
- Frenos en mal estado:  $3 \text{ m/seg}^2$

- ✓ Establecer la huella de frenada promedio o la huella más larga  $d_1$  conociendo que la velocidad final es cero, encontramos la velocidad inicial del vehículo antes del suceso por la ecuación 3.26:

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d_1}$$

Tomar en cuenta que como se trata de deceleración del vehículo, por lo que debe incluirse el signo (-).

- ✓ Ahora bien, para conocer la velocidad del vehículo tomando en cuenta el peso del vehículo es necesario encontrar la energía cinética disipada dada por la ecuación:

$$EC = 1/2 * m * a^2 * t^2$$

$$m = P/g$$

Donde:

$m$  = Masa del vehículo

$P$  = Peso del vehículo + peso de las personas en el mismo

$g$  = Aceleración de la gravedad

$t$  = Tiempo de reacción y percepción = 0.5 seg. (Valor promedio)

- ✓ Estos datos se reemplazan en la ecuación 3.30.

$$V_i = \sqrt{\frac{2 * Ec}{m} - 2 * a * d_1}$$

Con estos datos, hallamos la velocidad del vehículo involucrado y se puede saber si hubo o no exceso de velocidad, es decir lo que estipula el código de tránsito como velocidades máximas permitidas en radio urbano:

- ✓ 10 Km. por hora en las zonas escolares y militares, considerándose a este efecto como tal la parte de la vía pública comprendida entre los 50 metros antes y después del lugar donde se encuentra ubicado el acceso a dichos establecimientos.
- ✓ 20 Km. por hora en las calles donde la circulación de peatones y vehículos es intensa.

- ✓ 40 Km. por hora en las avenidas y vías donde las condiciones de seguridad así lo permitan.
- ✓ En las bocacalles, lugares de aglomeración, de personas o vehículos y en general en los sitios donde haya peligro, los conductores están obligados a reducir la velocidad al paso de un peatón o en su caso, a detener el vehículo.

#### **d) Análisis**

Establecer las posibles causas por la cual ocurrió el accidente, tomando en cuenta factores como: Si hubo o no exceso de velocidad por parte del vehículo embistente, verificar si los involucrados se encontraban bajo influencia de alcohol, infracciones como no respetar el semáforo o imprudencia de los involucrados, estado interno del vehículo como la verificación del estado de los frenos y llantas, y por último tomar en cuenta las declaraciones de terceras personas que apreciaron el accidente. También se deben tomar en cuenta el estado de las vías, distancia de visibilidad y condiciones climatológicas, pero hay que recordar que más del 90% de los accidentes es por falla humana.

#### **e) Conclusión**

Con todos estos datos y cálculos establecer cómo sucedió el accidente e informar el grado de culpabilidad de los involucrados y elaborar un informe técnico al respecto.

### **3.6.4.2. Colisiones**

Una colisión es el impacto de dos o más vehículos en movimiento, por lo que se debe tomar más importancia ya que en este tipo de accidentes existen más involucrados y por lo tanto más heridos sea cual fuese el caso cuando exista exceso de velocidad.

#### **a) Identificación del accidente**

- ✓ Lugar del hecho: Nombre de la calle, intersección o avenida del hecho
- ✓ Fecha y hora: Propio del tiempo que ocurrió el siniestro
- ✓ Número de placa de los vehículos involucrados

#### **b) Recolección de datos**

- ✓ Sentido de circulación de los vehículos involucrados

- ✓ Posición final de los mismos después del hecho
- ✓ Verificación de señalización existente
- ✓ Tipo y estado de las vías
- ✓ Características del tránsito
- ✓ Tomar fotografías del lugar de los hechos y de los vehículos.
- ✓ Identificar el tipo y marca de los vehículos, caso contrario establecer su peso
- ✓ Cuantificar el peso promedio de las personas que se encontraban en los vehículos involucrados en el accidente.
- ✓ Realizar 6 mediciones equidistantes de las abolladuras provocadas por el choque de cada vehículo.
- ✓ Posición final y distancia de los vehículos post impacto.
- ✓ Confeccionar un croquis ilustrativo de lugar de los hechos, con los involucrados.
- ✓ Entrevistar a los involucrados y testigos oculares del hecho.

### **c) Cálculo de la velocidad**

Para esta clase de accidentes primeramente es necesario hallar la velocidad individual a la que iban los vehículos involucrados antes de la colisión, para determinar si hubo o no exceso de velocidad, el cual como se dijo en la parte teórica es mejor hacerlo por el método gráfico ya que es más exacto porque se toma en cuenta la posición final de los vehículos involucrados y la deformación de los mismos, es decir por cantidades de movimiento y cálculo de energía de deformación, para ello, lo primero que se debe hacer es determinar la dirección de la trayectoria de los vehículos al primer contacto.

- ✓ Primeramente se halla la aceleración de los vehículos:

De tabla 3.3 se obtiene el coeficiente de fricción  $\mu$ , y de la ecuación 3.20 obtenemos la aceleración del vehículo:

$$a = \mu * g$$

- ✓ Luego se halla la velocidad post impacto para cada vehículo con la siguiente ecuación:

$$V_{pi} = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d}$$

Donde: d=Distancia recorrida de los vehículos después del impacto

- ✓ Se procede al cálculo de los vectores cantidad de movimiento post impacto dada por la ecuación:

Cantidad.de Movimiento del vehículo = Peso total del vehículo \*  $V_{pi}$  del vehículo

Se dibujan a escala los vectores tomando en cuenta la trayectoria antes y después de la colisión de los mismos de los cuales se obtienen sus resultantes y se obtienen las magnitudes de los vectores cantidad de movimiento antes del impacto.

- ✓ Una vez que se obtiene del gráfico los valores de los vectores cantidad de movimiento pre impacto, se calcula la velocidad antes del impacto de ambos vehículos, con la siguiente ecuación:

$V$  antes del impacto del vehículo= Cantidad Movimiento del vehículo / Peso del vehículo + peso de las personas en el vehículo

- ✓ Estos valores permiten hacer consideraciones en términos de velocidades relativas, pero para conocer la velocidad real de los vehículos antes del impacto, habría que agregarle a los valores obtenidos los correspondientes a la energía cinética disipada en el impacto propiamente dicho, es decir aquella energía transformada en trabajo de deformación, para lo cual se aplica la ecuación 3.28:

$$E = (W/5)\{5 * G + (0.5 * A)[P_1 + 2.P_2 + 2.P_3 + 2.P_4 + 2.P_5 + P_6] + (B/6).[P_1^2 + 2.P_2^2 + 2.P_3^2 + 2.P_4^2 + 2.P_5^2 + P_6^2 + P_1.P_2 + P_2.P_3 + P_3.P_4 + P_4.P_5 + P_5.P_6]\} * (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

Donde:

E=Energía disipada para seis penetraciones

W= Ancho afectado por las deformaciones

A, B y G=Coeficientes según la zona deformada (Tabla 3.7)

P=Medidas equidistantes de las deformaciones provocadas por la colisión.

$\alpha$ =Ángulo de incidencia (ángulo entre la dirección del impacto y la perpendicular a la superficie del rodado)

✓ A continuación se encuentra la velocidad individual real de ambos vehículos con la siguiente ecuación:

$$V_i = \sqrt{V_{antesimp}^2 + \frac{2 * E}{m}}$$

Donde:

Vantes imp=Velocidad encontrada por la cantidad de movimiento

m=Masa del vehículo + personas en el mismo

#### **d) Análisis**

Establecer las posibles causas por la cual ocurrió el accidente, tomando en cuenta factores como: Si hubo o no exceso de velocidad por parte de los vehículos colisionados, verificar si los involucrados se encontraban bajo influencia de alcohol, infracciones como no respetar el semáforo o imprudencia de los involucrados, estado interno del vehículo como la verificación del estado de los frenos y llantas, y por último tomar en cuenta las declaraciones de terceras personas que apreciaron el accidente. También se deben tomar en cuenta el estado de las vías, distancia de visibilidad y condiciones climatológicas, pero hay que recordar que más del 90% de los accidentes es por falla humana.

#### **e) Conclusión**

Con todos estos datos y cálculos establecer cómo sucedió el accidente e informar el grado de culpabilidad de los involucrados y elaborar un informe técnico al respecto.

#### **3.6.4.3. Choque a objeto fijo y a vehículo detenido**

Es el impacto de un vehículo en movimiento con un vehículo u objeto fijo, se produce un choque con un elemento fijo, como ser árboles, muros, señales u objetos que forman parte de la infraestructura vial. Se considera choque a vehículo detenido al encuentro violento de un vehículo en movimiento con otro estacionado.

### **a) Identificación del accidente**

- ✓ Lugar del hecho: Nombre de la calle, intersección o avenida del hecho
- ✓ Fecha y hora: Propio del tiempo que ocurrió el siniestro
- ✓ Número de placa del vehículo involucrado en el accidente

### **b) Recolección de datos**

- ✓ Sentido de circulación del vehículo involucrado.
- ✓ Verificación de señalización existente.
- ✓ Tipo y estado de las vías.
- ✓ Características del tránsito.
- ✓ Tomar fotografías del lugar de los hechos y del vehículo.
- ✓ Confeccionar un croquis ilustrativo de lugar de los hechos.
- ✓ Entrevistar a los involucrados y testigos oculares del hecho.

### **c) Cálculo de la velocidad**

Este tipo de accidentes es netamente responsabilidad e imprudencia del conductor que choca ya sea al vehículo detenido o a un objeto fijo, ya que no se han presentado casos en que haya falla mecánica e influencia de la vía ya sea por el estado de las mismas como de las condiciones climatológicas, lamentablemente no se puede hallar la velocidad a la que iba el vehículo antes del impacto por el método de las huellas de frenada, porque la energía se disipa en el choque, y las huellas son solo parte de la velocidad, ni tampoco por el método gráfico es decir por cantidades de movimiento y cálculo de energía de deformación, porque para ello se necesita determinar la dirección de la trayectoria de ambos vehículos al primer contacto, lo cual no existe porque el vehículo involucrado es uno en el caso de choque a objeto fijo y además no existe trayectoria post impacto ya que el vehículo se encuentra varado en el lugar del hecho en el caso de choque a vehículo detenido, solo resta tomar en cuenta todos los demás factores.

#### **d) Análisis**

Establecer las posibles causas por la cual ocurrió el accidente, tomando en cuenta factores como: Si hubo o no exceso de velocidad por parte del vehículo embistente, esto se puede estimar de acuerdo a las deformaciones producidas en el vehículo por el choque, verificar si el involucrado se encontraba bajo influencia de alcohol ya que la mayoría de estos casos es el principal motivo del mismo, estado interno del vehículo como la verificación del estado de los frenos y llantas, y por último tomar en cuenta las declaraciones de terceras personas que apreciaron el accidente. También se deben tomar en cuenta el estado de las vías, distancia de visibilidad y condiciones climatológicas, pero hay que recordar que más del 90% de los accidentes es por falla humana.

#### **e) Conclusión**

Con todos estos datos establecer cómo sucedió el accidente e informar el grado de culpabilidad del involucrado y elaborar un informe técnico al respecto.

#### **3.6.4.4. Vuelcos**

Es la pérdida de la posición normal del vehículo, por uno de sus laterales (Vuelco de tonel) y en el sentido de su eje longitudinal (Vuelco de campana).

##### **a) Identificación del accidente**

- ✓ Lugar del hecho: Nombre de la calle, intersección o avenida del hecho
- ✓ Fecha y hora: Propio del tiempo que ocurrió el siniestro
- ✓ Número de placa del vehículo involucrado en el accidente

##### **b) Recolección de datos**

- ✓ Sentido de circulación del vehículo involucrado.
- ✓ Verificación de señalización existente.
- ✓ Tipo y estado de las vías.
- ✓ Características del tránsito.
- ✓ Tomar fotografías del lugar de los hechos y del vehículo.

- ✓ Medir el radio de giro máximo que se puede dar en el lugar.
- ✓ Confeccionar un croquis ilustrativo del lugar de los hechos.
- ✓ Entrevistar al involucrado y testigos oculares del hecho.

### **c) Cálculo de la velocidad**

Este tipo de accidentes es netamente responsabilidad e imprudencia del conductor ya que no interviene otro factor que provoque el vuelco, generalmente sucede cuando el conductor no calcula el radio de giro del vehículo y con una velocidad excesiva pierde el equilibrio del vehículo provocando el vuelco, esto por estar bajo la influencia de alcohol o por imprudencia del mismo, ya que no se han presentado casos en que haya falla mecánica e influencia de la vía ya sea por el estado de las mismas como de las condiciones climatológicas, ahora también puede suceder si otro vehículo lo embiste en la parte central del vehículo, pero este caso no se dio en el período de estudio. La máxima velocidad con el que el vehículo puede describir la curva con seguridad es dada por la ecuación 3.3:

$$V = \sqrt{Rg \mu}$$

Donde:

V=Velocidad máxima que el vehículo puede imprimir al momento de girar en la intersección

R=Radio de giro máximo de la curva

$\mu$ =Coeficiente de fricción del pavimento (Tabla 3.3)

### **d) Análisis**

Establecer las posibles causas por la cual ocurrió el accidente, haciendo el cálculo se comprobará que el conductor que hizo la maniobra iba a mayor velocidad de la máxima permitida en el lugar.

Establecer las posibles causas por la cual ocurrió el accidente, tomando en cuenta factores como: Si hubo o no exceso de velocidad por parte del vehículo, verificar si el involucrado se encontraba bajo influencia de alcohol ya que la mayoría de estos casos

es el principal motivo del mismo, estado interno del vehículo como la verificación del estado de los frenos y llantas, y por último tomar en cuenta las declaraciones de terceras personas que apreciaron el accidente. También se deben tomar en cuenta el estado de las vías, distancia de visibilidad y condiciones climatológicas, pero hay que recordar que más del 90% de los accidentes es por falla humana.

#### **e) Conclusión**

Con todos estos datos establecer cómo sucedió el accidente e informar el grado de culpabilidad del involucrado y elaborar un informe técnico al respecto.

### **3.7. Informe técnico**

El informe técnico tendrá la veracidad de las principales causas del accidente, los hechos son verificables, la recopilación de datos son reales, es por ello que se debe establecer el lugar exacto del accidente, que puede ser, en:

- Una calle
- Una avenida
- Una intersección
- Una carretera
- Plazas o parques

#### **3.7.1. Toma de datos**

En la toma de datos se verificará principalmente los siguientes aspectos:

- Fecha de ocurrencia del accidente
- Hora del accidente
- Intervención o no de la fuerza pública
- Tipo de accidente
- Lugar del accidente
- Condiciones climatológicas
- Señales existentes en el lugar del accidente
- Sistema de alumbrado
- Sentidos de circulación

- Datos de los participantes
- Dinámica del accidente
- Infracciones
- Personas muertas y heridas

### 3.7.2. Daños materiales de los vehículos

Se debe determinar la marca, modelo y tipo de vehículo incluyendo altura, longitud ancho y distancia entre ejes otro de los aspectos es la posición final en la cual quedaron los vehículos con un correspondiente análisis de los golpes sufridos, rozamientos, ralladuras y trisa duras. Estado de las llantas, frenos carrocería, seguridad activa y pasiva del vehículo.

**Rayón:** Es el roce producido entre dos superficies con iguales o diferentes características.

**Hendidura:** Son rayas profundas generalmente longitudinales que afectan las láminas de la carrocería.

**Hundimiento:** Partes cóncavas del vehículo generadas como resultado de la colisión.

**Abolladura:** Es un hundimiento de la lámina metálica que produce diversos entrantes y salientes en la superficie antes plana, es decir, presenta espacios cóncavos y convexos a raíz del impacto.

**Roce:** Se produce por la fricción entre dos cuerpos o láminas.

**Desplazamiento:** Es el desalojo de un objeto del lugar donde normalmente va colocado, sin que esto traiga como consecuencia la salida total o parcial de la lámina de su soporte.

**Desalojo:** Se presenta cuando el vehículo deja esparcido sobre el terreno partes del mismo.

**Rotura:** Es un corte limpio sin surcos, es decir, que no presenta hundimiento y puede ser total o parcial.

**Fractura:** Corresponde a un caso especial de las roturas y ellas se producen por “roturas de barras”, las que pueden ser total o parcial. La fractura se origina por fuerza DINÁMICA, se reconoce porque los cortes de las piezas están limpios, presentando puntos metálicos nítidos.

**Englobamiento:** Es la deformación que se realiza contrario al hundimiento.

Para describir los daños materiales que ha sufrido un vehículo, como producto de un accidente de tránsito, debemos proceder en forma ordenada:

### 3.7.2.1. Inspección externa

Se la realiza en sentido horario, es decir, se inicia en la parte frontal, se continúa por el lateral derecho, parte posterior, lateral izquierdo y techo.

#### a) Daños materiales frontales



Figura 3.51 Daños materiales frontales.

#### b) Parte frontal de los vehículos

Encontramos las siguientes piezas: guardachoque, carrocería media, mascarilla, capot, rejillas de ventilación, parabrisas, brazos y plumas limpia parabrisas, molduras, logotipo de la marca del vehículo.

### c) Lateral derecho

En esta parte en los automóviles tenemos las siguientes piezas: guardafango delantero, espejo retrovisor, pilar delantero, puerta delantera, vidrio de la puerta delantera, pilar medio, puerta trasera, vidrio de la puerta trasera, pilar trasero, guardafango trasero, a veces presentan dispositivos adheridos a las puertas o guardafangos las cuales se denominan molduras (metálicas o de fibra plástica). En los camiones y camionetas tenemos: guardafango delantero, pilar delantero, espejo retrovisor, puerta, vidrio de la puerta, pilar trasero, carrocería de la plataforma de carga especificando del material con la que está construida. En buses se numera las ventanas si presentan daños en sus cristales.

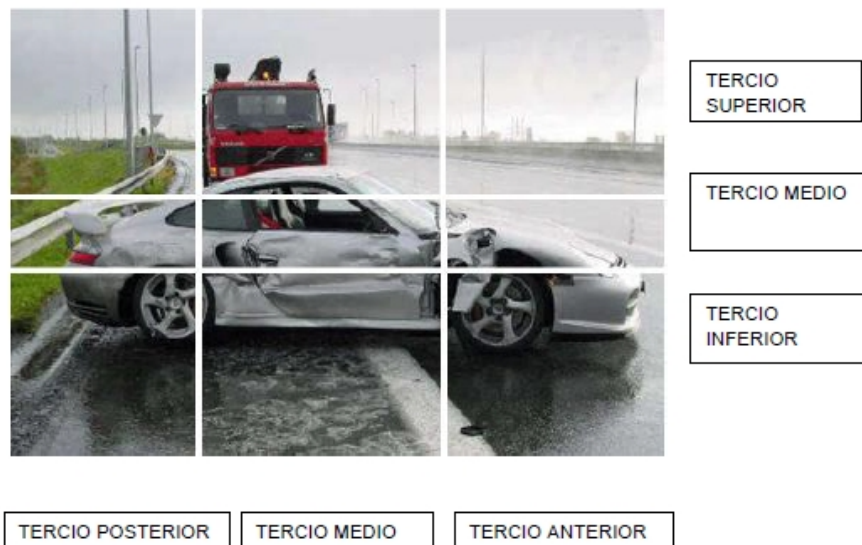


Figura 3.52 Daños materiales laterales.

### d) Parte posterior

En la parte posterior se describen los daños de las piezas comenzando al igual que la parte frontal por el tercio inferior y luego de derecha a izquierda. Normalmente en automóviles encontramos: guardachoque, carrocería media, compuerta del compartimento portamaletas, parabrisas. En camiones y camionetas: guardachoque, puertas de la plataforma de carga, carrocería de la cabina, parabrisas.



Figura 3.53 Daños materiales parte posterior.

**e) Techo**

Los daños que pudieran haber en el techo por lo general son: hundimientos, ralladuras, fracturas, resquebrajamiento de la pintura.

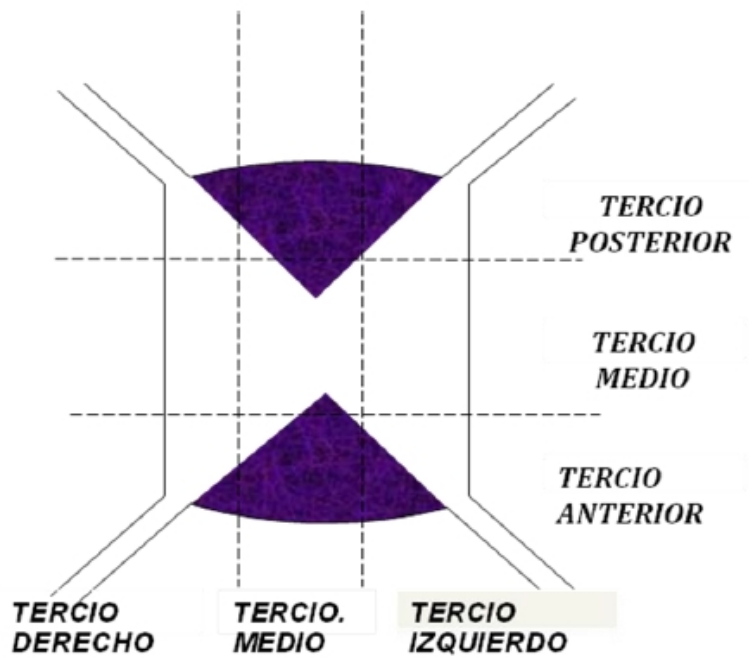


Figura 3.54 Daños materiales del techo.

### 3.7.2.2. Inspección interna

Terminada la inspección de los daños en la zona exterior del vehículo, prosigue la descripción de los daños que se encuentran en el interior, para lo cual se empieza por el costado derecho y en el siguiente orden:

- Techo sobre el asiento delantero.
- Parte interna del parabrisas.
- Panel de instrumentos.
- Piso delantero.
- Interior de la puerta delantera.
- Piso trasero.
- Interior de la puerta trasera.
- Asiento trasero.
- Parte superior de porta maletas.
- Parabrisas trasero.
- Techo sobre el asiento trasero.



Figura 3.55 Parte interna del vehículo.

## **CAPÍTULO IV**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

#### **4.1. Registro de accidentes**

Para la aplicación práctica se hizo un seguimiento de todos los accidentes de tráfico que ocurrieron en el mes de septiembre del presente año, para así realizar una evaluación con estos datos, tabularlos y realizar una evaluación de los motivos por el cual ocurrieron y así cumplir con los objetivos mencionados de los cuales el más importante es la aplicación de la metodología de peritaje de accidentes de tráfico para encontrar las causas del mismo.

A continuación se hará la reconstrucción de los accidentes con sus respectivos informes técnicos de todos los accidentes que se pudieron registrar en el tiempo de estudio, de acuerdo al tipo de hecho.

#### **4.2. Reconstrucción de accidentes**

##### **4.2.1. Atropello**

Es el impacto de un vehículo en movimiento a un peatón, un ciclista o un motociclista, y se lo clasifica por el modo en que se producen.

##### **a) Identificación del accidente**

- ✓ Lugar del accidente: Avenida Brasil y calle Perú
- ✓ Fecha del accidente: Jueves, 22 de septiembre de 2011
- ✓ Hora del accidente: 17:30 pm aproximadamente

##### **b) Recolección de datos**

- ✓ Vehículos involucrados

Microbús Nissan, número de ocupantes 8

Motocicleta Kingo, número de ocupantes 1

- ✓ Sentido de circulación de los vehículos involucrados

Microbús Nissan: Avenida Brasil de norte a sur

Motocicleta Kingo: Calle Perú de este a oeste

- ✓ Verificación de señalización existente: No existe semáforo, No existe señal de prevención.
- ✓ Tipo y estado de las vías: Pavimento flexible, estado deteriorado
- ✓ Características del tránsito: Tráfico medio de circulación
- ✓ Medir las huellas de frenado de todas las ruedas del vehículo embistente

Huellas de frenado del microbús Nissan:

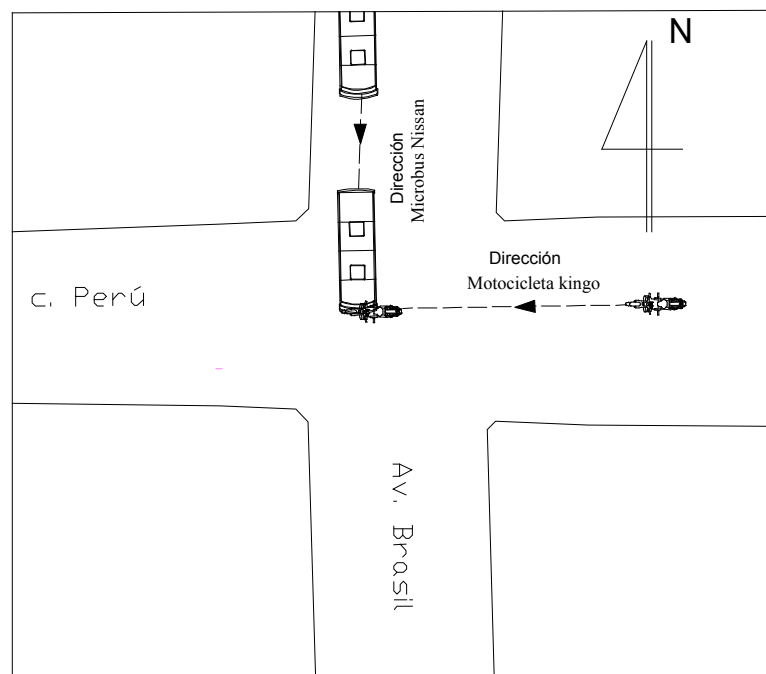
Longitud huella delantera derecha=6.8 m. Longitud huella delantera izquierda=6.5 m.

Longitud huella trasera derecha=4.7 m. Longitud huella trasera izquierda=4.4 m.

- ✓ Víctimas del hecho

Conductor de la motocicleta: Lesión leve

Figura 4.1 Atropello: Croquis del lugar del hecho



Fuente: Elaboración propia



Figura 4.2 Atropello: Fotografía del hecho tomada de sur a norte



Figura 4.3 Atropello: Fotografía del hecho tomada de norte a sur



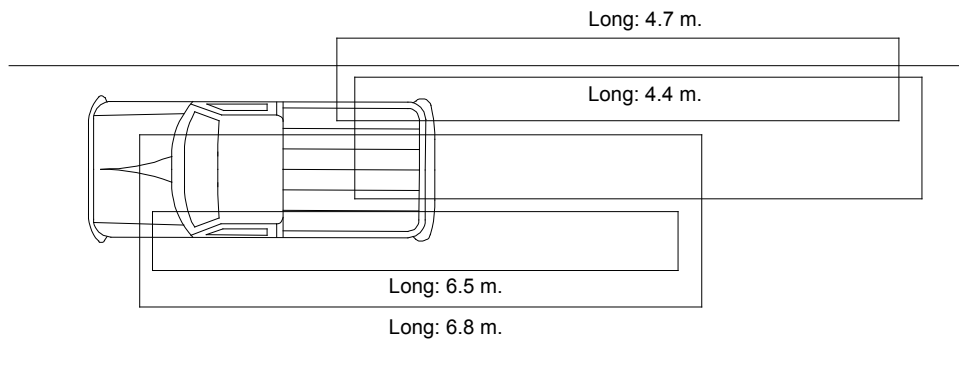
Figura 4.4 Atropello: Fotografía de los daños materiales



Figura 4.5 Atropello: Fotografía de la víctima del accidente

### c) Cálculo de la velocidad

Figura 4.6 Atropello: Croquis de las huellas de frenada



Fuente: Elaboración propia

Se observan 4 huellas de frenado (rectas en toda su extensión) con las siguientes longitudes:

Longitud huella delantera derecha: 6.8 m.

Longitud huella delantera izquierda: 6.5 m.

Longitud huella trasera derecha: 4.7 m.

Longitud huella trasera izquierda: 4.4 m.

#### **Hipótesis 1 (Longitud promedio de las huellas)**

Datos:

$$V_f = 0$$

$$\text{Longitud promedio} = (6.8 + 6.5 + 4.7 + 4.4) / 4$$

$$d_1 = 5.6 \text{ m}$$

Tomando en cuenta el estado de la calzada, se adoptará un coeficiente de rozamiento:

$$\mu = 0.75$$

$$a = \mu * g = 0.7 * 9.81 \text{ m/seg}^2 \longrightarrow a = 7.36 \text{ m/seg}^2$$

Reemplazando en la ecuación (3.26)

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d_1}$$

Como se trata de deceleración del vehículo, por lo que debe incluirse el signo (-)

$$V_i = \sqrt{-2 * -7.36 \text{ m / seg}^2 * 5.6 \text{ m}}$$

$$V_i = 9.08 \text{ m/seg.} \longrightarrow V_i = 32.69 \text{ km/h.}$$

### **Hipótesis 2 (Adoptar la huella más larga)**

Datos:

$$V_f = 0$$

$$d_1 = 6.8 \text{ m}$$

$$\mu = 0.75$$

$$a = \mu * g = 0.75 * 9.81 \text{ m/seg}^2 \longrightarrow a = 7.36 \text{ m/seg}^2$$

Reemplazando en la ecuación (3.26)

$$V_i = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d_1}$$

Como se trata de deceleración del vehículo, por lo que debe incluirse el signo (-)

$$V_i = \sqrt{-2 * -7.36 \text{ m / seg}^2 * 6.8 \text{ m}}$$

$$V_i = 10 \text{ m/seg} \longrightarrow V_i = 36 \text{ km/h.}$$

Incremento de la energía cinética disipada es igual a:

$$EC = 1/2 * m * a^2 * t^2$$

El peso del microbús Nissan es de 2238 kg. El vehículo es conducido con 8 personas a bordo. Asumiendo que cada persona pesa 75kg., adoptando para el cálculo un peso total de 2838 kg. El vehículo no cuenta con tanque GNV.

Entonces:

$$m = p/g = 2838 \text{ kg}/9.81 \text{ (m/seg}^2)$$

$$m = 289.30 \text{ kg seg}^2/\text{m.}$$

$$a^2 = (\mu * g)^2 = (0.75*9.81\text{m/seg}^2)^2 = 54.13 \text{ m}^2/\text{seg}^4$$

$$t = 0.5^2 = 0.25 \text{ seg}^2 \text{ (comienzo de bloqueo)}$$

Reemplazando:

$$EC = 1/2 * 289.30\text{kg} \cdot \text{seg}^2 / \text{m} * 54.13\text{m}^2 / \text{seg}^4 * 0.25\text{seg}^2$$

$$EC = 1957.48\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$EC = 1/2 * m * Vf^2 \text{ Ecuación de la energía cinética}$$

$$Vf^2 = \frac{2 * Ec}{m}$$

**Reemplazando en la ecuación (3.26)**

$$Vi = \sqrt{Vf^2 - 2 * a * d_1}$$

$$Vi = \sqrt{\frac{2 * Ec}{m} - 2 * a * d_1}$$

$$Vi = \sqrt{\frac{2 * 1957.48\text{kg} \cdot \text{m}}{289.30\text{kg} \cdot \text{seg}^2 / \text{m}} - 2 * -7.36\text{m} / \text{seg}^2 * 5.6\text{m}}$$

$$Vi = 9.80\text{m} / \text{seg} \quad \longrightarrow \quad Vi = 35.28\text{km} / \text{h} \quad \text{(Hipótesis 1)}$$

$$Vi = \sqrt{\frac{2 * 1957.48\text{kg} \cdot \text{m}}{289.30\text{kg} \cdot \text{seg}^2 / \text{m}} - 2 * -7.36\text{m} / \text{seg}^2 * 6.8\text{m}}$$

$$Vi = 10.66\text{m} / \text{seg} \quad \longrightarrow \quad Vi = 38.38\text{km} / \text{h} \quad \text{(Hipótesis 2)}$$

#### **d) Análisis**

Como se puede observar según los cálculos realizados se logró estimar la velocidad a la que iba el microbús Nissan antes del accidente, pudiendo comprobar exceso de velocidad del mismo, ya que sobrepasa el máximo permitido de 20km/h en calle e intersecciones, ahora bien tomando en cuenta que no existe señales y dispositivos de tránsito en el lugar, el sentido de circulación de ambos involucrados, la distancia de visibilidad de ambos conductores por la presencia de ochoves en las intersecciones, y tomando en cuenta la versión de testigos oculares del hecho; el conductor de la motocicleta ingresó sin precaución en la intersección provocando el suceso ya que el conductor del microbús tenía preferencia por esta en su derecha, y el conductor del microbús ingresó en la intersección con velocidad no permitida.

#### **e) Conclusión**

Con todo esto se llega a lo siguiente:

- ✓ La principal causa del suceso es el exceso de velocidad por parte del conductor del microbús al ingresar en la intersección, ya que no tuvo tiempo de aplicar los frenos a tiempo en el momento del atropello, provocando el hecho.
- ✓ El efecto del atropello trae como consecuencia de leve lesión al conductor de la motocicleta, siendo víctima del hecho.

## **INFORME TÉCNICO**

### **ANOTACIONES PRELIMINARES:**

NATURALEZA DEL HECHO : Atropello

LUGAR DEL HECHO : Avenida Brasil y calle Perú

DÍA FECHA Y HORA : Jueves, 22 de Septiembre de 2011 horas 17:30 pm

### **AGENTES INTERVENTORES:**

**CONDUCTOR 1:** El Conductor del microbús, marca Nissan de color blanco, con placa de control 726-RDI, conductor sobrio, con 0,000 Mg/l.

**CONDUCTOR 2:** El Conductor de la motocicleta, marca Kingo de color negro, no tiene placa, conductor sobrio, con 0,000 Mg/l.

**LESIONES PERSONALES.-** Lesión leve del conductor de la motocicleta.

**DAÑOS MATERIALES.-** De mediana consideración de la motocicleta.

**CIRCUNSTANCIAS DEL HECHO.-** A horas 17:30 pm del día jueves 22 de septiembre del 2011, se informa que en la Avenida Brasil y calle Perú, se suscito un Accidente de Tránsito de tipo atropello.

Realizando la inspección ocular, tomando en cuenta las versiones de los conductores, señales, cálculos realizados para hallar la velocidad, vías y otros factores que fueron agentes interventores, tomando en cuenta la posición final del mismo y el daño material se llega a lo siguiente:

Que el hecho se habría producido en circunstancias, que el Conductor del microbús, marca Nissan color blanco, con placa de control 726-RDI, circulaba por la avenida Brasil de norte a sur con una velocidad no permitida para calles, al querer pasar la intersección con la calle Perú, embiste a la motocicleta, marca Kingo que circulaba de este a oeste, donde a consecuencia resultaron daños materiales principalmente de la motocicleta de relativa consideración y herido leve por parte mismo. Donde el conductor de la motocicleta ingresó sin precaución en la intersección provocando el suceso ya que el conductor del microbús tenía preferencia por esta en su derecha, pero también el conductor del microbús venía a una velocidad excesiva; por tanto ambos conductores infringieron las normas de circulación al no respetar la misma.

**DETERMINACION TÉCNICA:** En base a los antecedentes acumulados, tomando en cuenta la Inspección Ocular del lugar de los hechos, las características de la vía y otros factores que fueron agentes interventores del hecho, se llega a la siguiente conclusión:

Que ambos conductores ingresaron sin precaución al no existir semáforos y el conductor del microbús circulaba a una velocidad excesiva mayor a 20km/h como lo estipula el reglamento y código de tránsito.

**PROTAGONISTA 1:** Por no acatar las normas de circulación como Precaución y exceso de velocidad, del Reglamento del Código de tránsito, imputables al conductor del microbús, marca Nissan color blanco, con placa de control 726-RDI, con el 70% de responsabilidad sobre el hecho de Tránsito.

**PROTAGONISTA 2:** Por no acatar las normas de circulación como Precaución, del Reglamento del Código de tránsito, imputables al conductor de la motocicleta marca Kingo de color negro, sin placa de control, con el 30% de responsabilidad sobre el hecho de Tránsito.

#### **4.2.2. Colisión**

Es el impacto de dos o más vehículos en movimiento, y se clasifica por el número de vehículos implicados como una colisión lateral perpendicular anterior, porque el vehículo impacta con la parte frontal a otro en el lateral en este caso la parte posterior, formando un ángulo de 90 grados antes del impacto.

##### **a) Identificación del accidente**

- ✓ Lugar del accidente: Calle Corrado y calle Campero
- ✓ Fecha del accidente: Lunes 12 de septiembre de 2011
- ✓ Hora del accidente: 09:30 am aproximadamente

##### **b) Recolección de datos**

- ✓ Vehículos involucrados

Toyota Corolla Sedan, número de ocupantes 1.

Toyota Corolla Verso, número de ocupantes 3.

- ✓ Sentido de circulación de los vehículos involucrados

Toyota Corolla Sedan: Calle Campero de sur a norte.

Toyota Corolla Verso: Calle Corrado de este a oeste.

- ✓ Verificación de señalización existente

Si existe semáforo, no existe señal de prevención.

- ✓ Tipo y estado de las vías

Pavimento flexible, estado deteriorado

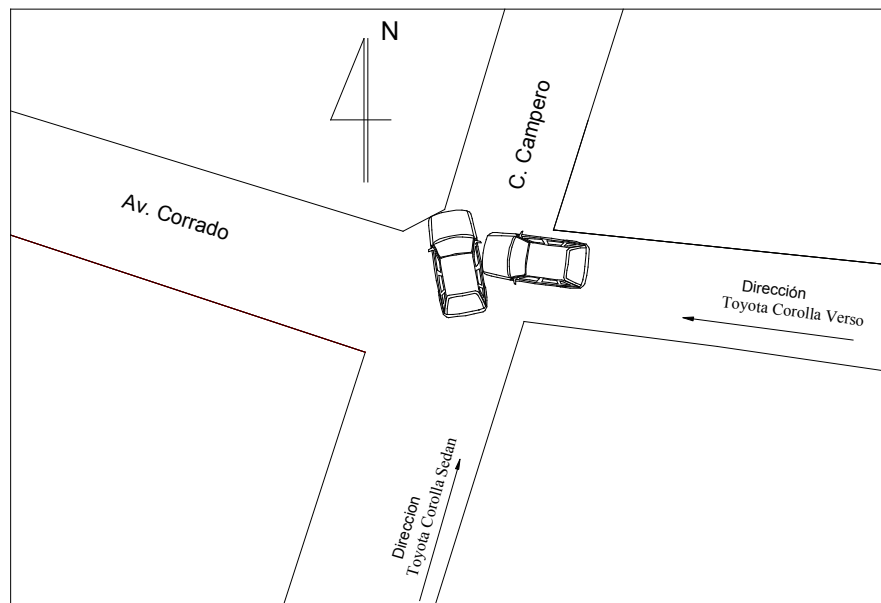
- ✓ Características del tránsito

Alto tráfico de circulación; vehículos de liviano y mediano porte.

- ✓ Víctimas del hecho

Conductor Toyota Corolla Sedan: Herido leve

Figura 4.7 Colisión: Croquis del lugar del hecho



Fuente: Elaboración propia



Figura 4.8 Colisión: Ambos vehículos colisionados



Figura 4.9 Colisión: Foto del hecho tomada de Norte a Sur



Figura 4.10 Colisión: Foto del hecho tomada de Sur a Norte



Figura 4.11 Colisión: Foto del hecho tomada de Oeste a Este



Figura 4.12 Colisión: Foto del hecho tomada de Este a Oeste



Figura 4.13 Colisión: Daño material lateral del Toyota Sedan



Figura 4.14 Colisión: Daño material frontal del Toyota Corolla Verso

### c) Cálculo de la velocidad

Del relevamiento se estableció que desde el punto de contacto hasta su posición final, sus recorridos:

Distancia Toyota Corolla Sedan = 1.45 m.

Distancia Toyota Corolla Verso = 0.45 m.

Peso Toyota Corolla Sedan = 1315 kg.

Peso Toyota Corolla Verso = 1370 kg.

Peso de las personas que viajaban en los vehículos:

Peso Personas Toyota Corolla Sedan (Conductor solo) = 75 kg.

Peso Personas Toyota Corolla Verso (Conductor y dos pasajeros) = 240 kg.

Peso Total Toyota Corolla Sedan = 1315 + 75 = 1390 kg.

Como el Toyota Corolla Verso tiene tanque GNV habría que agregarle su peso, el cual se la obtiene de la tabla 2.4, adoptamos un valor de 30 kg

Peso Total Toyota Corolla Verso = 1370 + 240 + 30 = 1640 kg.

Datos:

$$V_f = 0$$

$$d_s = 1.45 \text{ m.}$$

$$d_v = 0.45 \text{ m.}$$

Tomando en cuenta el estado de la calzada, se adoptará un coeficiente de rozamiento:

$$\mu = 0.75$$

$$a = \mu * g = 0.75 * 9.81 \text{ m/seg}^2 \longrightarrow a = 7.36 \text{ m/seg}^2$$

Velocidad post impacto para Toyota Corolla Sedan:

$$V_{pi} = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d}$$

$$V_{pi} = \sqrt{2 * 7.36 * 1.45}$$

$$V_{pi} = 4.62m / seg \quad V_{pi} = 16.63km / h$$

Velocidad post impacto para Toyota Corolla Verso:

$$V_{pi} = \sqrt{V_f^2 - 2 * a * d}$$

$$V_{pi} = \sqrt{2 * 7.36 * 0.45}$$

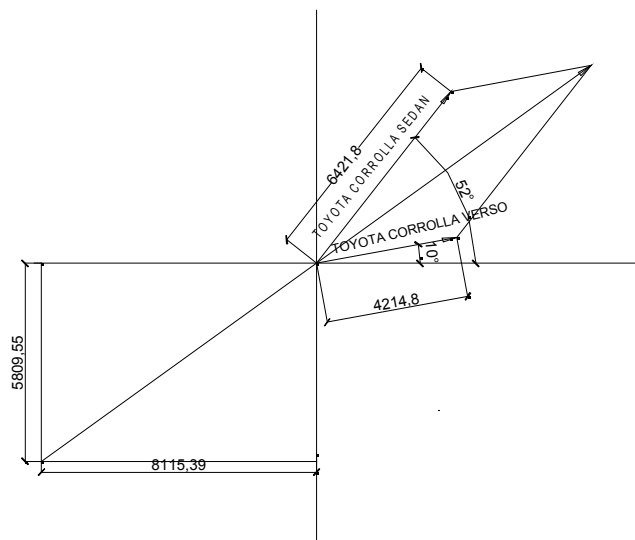
$$V_{pi} = 2.57m / seg \quad V_{pi} = 9.25km / h$$

Cálculo de los vectores cantidad de movimiento pos impacto:

$$\begin{aligned} \text{Cant. Movim. Toyota Corolla Sedan} &= P. T. \text{ Corolla Sedan} * V_{pi} \text{ T. Corolla Sedan} \\ &= 1390 * 4.62 = 6421.8 \text{ kgm/seg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cant. Movim. Toyota Corolla Verso} &= P. T. \text{ Corolla Verso} * V_{pi} \text{ T. Corolla Verso} \\ &= 1640 * 2.57 = 4214.8 \text{ kgm/seg.} \end{aligned}$$

Figura 4.15 Determinación gráfica de vectores cantidad de movimiento antes del impacto



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la escala del dibujo se obtienen las magnitudes de los vectores cantidad de movimiento antes del impacto.

Cálculo de los vectores cantidad de movimiento pre impacto:

Cantidad Movimiento Pre impacto Toyota Corolla Sedan = 8115.39 kgm/seg.

Cantidad Movimiento Pre impacto Toyota Corolla Verso = 5809.55 kgm/seg.

V antes del impacto Toyota Corolla Sedan = Cant. Movi. / P

$$= 8115.39 / 1390 = 5.84 \text{ m/seg.} = 21.02 \text{ km/h}$$

V antes del impacto Toyota Corolla Verso = Cant. Movi. / P

$$= 5809.55 / 1640 = 3.54 \text{ m/seg.} = 12.74 \text{ km/h}$$

Estos valores permiten hacer consideraciones en términos de velocidades relativas, pero para conocer la velocidad real de los vehículos antes del impacto, habría que agregarle a los valores obtenidos los correspondientes a la energía cinética disipada en el impacto propiamente dicho, es decir aquella energía transformada en trabajo de deformación, para lo cual se aplica la siguiente ecuación:

$$E = (W/5) \{ 5 \cdot G + (0.5 \cdot A) [P_1 + 2 \cdot P_2 + 2 \cdot P_3 + 2 \cdot P_4 + 2 \cdot P_5 + P_6] + (B/6) \cdot [P_1^2 + 2 \cdot P_2^2 + 2 \cdot P_3^2 + 2 \cdot P_4^2 + 2 \cdot P_5^2 + P_6^2 + P_1 \cdot P_2 + P_2 \cdot P_3 + P_3 \cdot P_4 + P_4 \cdot P_5 + P_5 \cdot P_6] \} \cdot (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

Los vehículos fueron puestos a disposición de la Unidad Operativa de Tránsito, lo que permitió tomar 6 medidas de profundidad de deformación sobre cada uno:

Número	Toyota Corolla	Toyota Corolla
P <sub>1</sub>	2	12
P <sub>2</sub>	6	18
P <sub>3</sub>	4	13
P <sub>4</sub>	7	11
P <sub>5</sub>	9	10
P <sub>6</sub>	15	7

Fuente: Elaboración propia

### **Cálculo de velocidad para el Toyota Corolla Sedan:**

Ángulo de incidencia:  $\alpha = 35^\circ$

Ancho afectado por las deformaciones:  $W = 2.50 \text{ m} = 250 \text{ cm}$ .

Distancia entre ejes = 2.60 m

Tabla 3.6: A (zona lateral) = 17.10 Kg/cm.

Tabla 3.6: B = 5.46 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 3.6: G = 26.78 Kg.

$$m = 1390 \text{ kg} / 9.81/\text{seg}^2 = 141.69 \text{ kgseg}^2 / \text{m}$$

$$E = (W/5) \{ 5 * G + (0.5 * A) [P_1 + 2 * P_2 + 2 * P_3 + 2 * P_4 + 2 * P_5 + P_6] + (B/6) * [P_1^2 + 2 * P_2^2 + 2 * P_3^2 + 2 * P_4^2 + 2 * P_5^2 + P_6^2 + P_1 * P_2 + P_2 * P_3 + P_3 * P_4 + P_4 * P_5 + P_5 * P_6] \} * (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

$$E = (250/5) \{ 5 * 26.78 + (0.5 * 17.10) [12 + (2 * 18) + (2 * 13) + (2 * 11) + (2 * 10) + 7] + (5.46/6) * [12^2 + 2 * 18^2 + 2 * 13^2 + 2 * 11^2 + 2 * 10^2 + 7^2 + 12 * 18 + 18 * 13 + 13 * 11 + 11 * 10 + 10 * 7] \} * (1 + \text{tg}^2 35)$$

$$E = 111913.37 \text{ kg.cm}$$

$$E = 1119.13 \text{ kg.m}$$

$$V_i = \sqrt{5.84^2 + \frac{2 * Ec}{m}}$$

$$V_i = \sqrt{5.84^2 + \frac{2 * 1119.13}{141.69}}$$

$$V_i = 7.06 \text{ m/seg} \longrightarrow V_i = 25.42 \text{ km/h}$$

### **Cálculo de velocidad para el Toyota Corolla Verso:**

Ángulo de incidencia:  $\alpha = 25^\circ$

Ancho afectado por las deformaciones:  $W = 1.49 \text{ m} = 149 \text{ cm}$ .

Distancia entre ejes = 2.60 m

Tabla 3.6: A (zona frontal) = 36.90 Kg/cm.

Tabla 3.6:  $B = 4.92 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 3.6:  $G = 138.38 \text{ Kg}$ .

$$m = 1640 \text{ kg} / 9.81 \text{ m/seg}^2 = 167.18 \text{ kgseg}^2 / \text{m}$$

$$E = (W/5) \{ 5 * G + (0.5 * A) [P_1 + 2 * P_2 + 2 * P_3 + 2 * P_4 + 2 * P_5 + P_6] + (B/6) * [P_1^2 + 2 * P_2^2 + 2 * P_3^2 + 2 * P_4^2 + 2 * P_5^2 + P_6^2 + P_1 * P_2 + P_2 * P_3 + P_3 * P_4 + P_4 * P_5 + P_5 * P_6] \} * (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

$$E = (149/5) \{ 5 * 138.38 + (0.5 * 36.90) [12 + (2 * 18) + (2 * 13) + (2 * 11) + (2 * 10) + 7] + (4.92/6) * [12^2 + 2 * 18^2 + 2 * 13^2 + 2 * 11^2 + 2 * 10^2 + 7^2 + 12 * 18 + 18 * 13 + 13 * 11 + 11 * 10 + 10 * 7] \} * (1 + \text{tg}^2 25)$$

$$E = 178653.69 \text{ kg.cm}$$

$$E = 1786.5369 \text{ kg.m}$$

$$V_i = \sqrt{3.54^2 + \frac{2 * Ec}{m}}$$

$$V_i = \sqrt{3.54^2 + \frac{2 * 1786.54}{167.18}}$$

$$V_i = 5.82 \text{ m/seg.} \longrightarrow V_i = 20.95 \text{ km/h}$$

Como se puede apreciar las velocidades reales de ambos vehículos antes de la colisión aumentaron tomando en cuenta las deformaciones que fueron provocadas por el impacto.

Haciendo un análisis de los vehículos involucrados en el accidente podemos apreciar las diferencias de velocidades con la que estos circulaban antes del impacto.

Toyota Corolla Sedan:  $V_i = 25.42 \text{ km/h}$

Toyota Corolla Verso:  $V_i = 20.95 \text{ km/h}$

#### **d) Análisis**

Como se puede observar el conductor del automóvil Toyota Corolla Sedan que iba de subida imprimía a una velocidad no permitida y mayor que el Toyota Corolla Verso, cuando el Toyota Corolla Verso se disponía a pasar la intersección, el Toyota Corolla

Sedan se le atraviesa es por esto que se ocasiona la colisión por tanto la responsabilidad la tiene el conductor del Toyota Corolla Sedan; además a esto habría que agregarle otros factores importantes como la presencia de semáforos, que según los pasajeros del automóvil Toyota Corolla Verso estaba en luz verde para que el avanzara; el grado de alcolemia según la policía daba sobrio para ambos por lo que se descarta porcentaje de culpabilidad de ambos conductores, no existe mucha visibilidad de parte de ambos conductores para el cruce de la intersección porque no existe la presencia de ochoves, pero eso se descarta ya que existe semáforo por tanto no es motivo de excusa de ambos conductores y el estado de la calzada es óptima para circulación.

#### **e) Conclusión**

Con todo esto se llega a lo siguiente:

- ✓ La principal causa del suceso es el de no acatar los dispositivos de tránsito en este caso el semáforo, por parte del conductor del automóvil Toyota Corolla Sedan.
- ✓ El efecto de la colisión trae como consecuencia de leve lesión al conductor del automóvil Toyota Corolla Sedan, siendo la víctima del hecho.

## **INFORME TÉCNICO**

### **ANOTACIONES PRELIMINARES:**

NATURALEZA DEL HECHO : Colisión de vehículos  
LUGAR DEL HECHO : Av. Corrado y C. Campero  
DÍA FECHA Y HORA : Lunes, 12 /09 /2011 horas 09:30 Aprox.

### **AGENTES INTERVENTORES:**

**CONDUCTOR No.- 1:** Conductor del automóvil, marca Toyota Corolla Sedan de color Plomo, con placa de control 1497-KIB, conductor sobrio, con 0,000 Mg/l.

**CONDUCTOR No.- 2:** Conductor del automóvil, marca Toyota Corolla Verso de color Blanco, con placa de control No. 708-BUP, conductor sobrio, con 0,000 Mg/l.

**LESIONES PERSONALES.-** Lesión leve del conductor 1.

**DAÑOS MATERIALES.-** De mediana consideración en ambos vehículos.

**VIA. –** Calzada asfaltada, de un sentido de circulación, con pavimento flexible.

**CIRCUNSTANCIAS DEL HECHO.-** A horas 09:30 am del día lunes 12 de septiembre del 2011, se informa que en la Av. Corrado y C. Campero, se suscito un Accidente de Tránsito de tipo colisión de vehículos.

Realizando la inspección ocular, tomando en cuenta las versiones de los conductores, señales, vías y otros factores que fueron agentes interventores y realizando el cálculo correspondiente para encontrar la velocidad a la que circulaban ambos vehículos tomado en cuenta la posición final de los mismos y el daño material se llega a lo siguiente:

Que el hecho se habría producido en circunstancias, que el Conductor del automóvil, marca Toyota Corolla Sedan de color Plomo, con placa de control 1497-KIB, circulaba por la C. Campero de Sur a Norte, al cruzar la intersección, fue impactado por el automóvil, marca Toyota Corolla Verso de color Blanco, con placa de control No. 708-BUP, el mismo que circulaba por la Av. Corrado de Este a Oeste, donde a consecuencia resultaron daños materiales en los vehículos de relativa consideración y herido leve por parte del conductor del automóvil Toyota Corolla Sedan. Donde el

conductor del vehículo Toyota Corolla Sedan ingresó sin precaución e infringió las normas de circulación al no respetar el semáforo.

**DETERMINACIÓN TÉCNICA:** En base a los antecedentes acumulados, tomando en cuenta la Inspección Ocular del lugar de los hechos, las versiones de los conductores y pasajeros, las características de la vía, los cálculos realizados y otros factores que fueron agentes interventores del hecho, se llega a las siguientes conclusiones:

Que el conductor del Toyota Corolla Sedan tenía una velocidad considerable y este al no querer perder velocidad pensando que podría pasar la intersección antes de que el semáforo se ponga en rojo, lo cual sucede lo contrario el otro vehículo lo impacta.

**PROTAGONISTA No.- 1:** Por no acatar las normas de circulación como Precaución, Exceso de Velocidad y no respetar los dispositivos de tránsito, del Reglamento del Código de tránsito, imputables al conductor del automóvil de marca Toyota Corolla Sedan de color Plomo, con placa de control 1497-KIB, con el 100% de responsabilidad sobre el hecho de Tránsito.

### 4.2.3. Choque a vehículo detenido

#### a) Identificación del accidente

**Lugar del accidente: Avenida Víctor Paz Estenssoro**

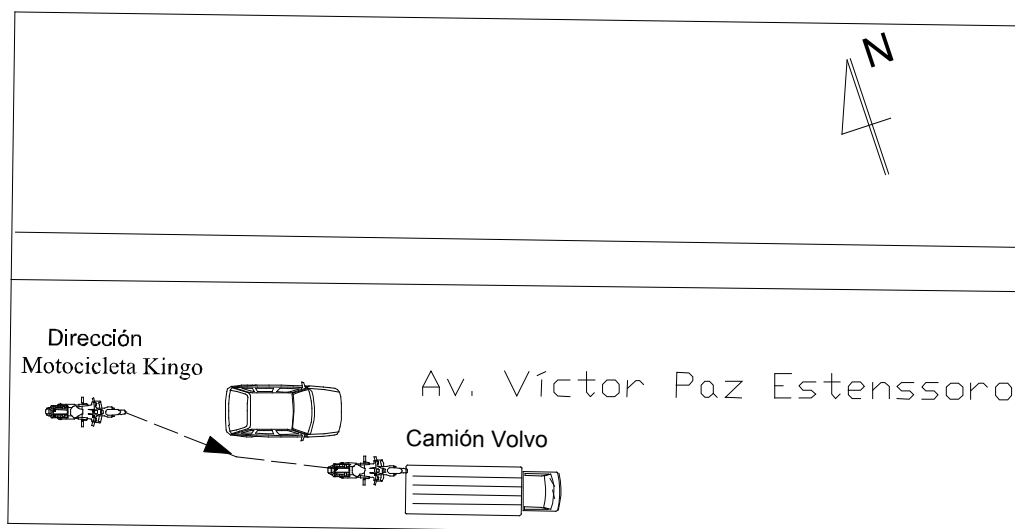
**Fecha del accidente: Jueves, 29 de septiembre de 2011**

**Hora del accidente: 09:00 am aproximadamente**

#### b) Recolección de datos

- Intervención de la Fuerza Pública: Si intervienen
- Tipo del accidente: Choque a vehículo detenido
- Señalización vial existente: No existe señal de prevención, ni de adelantamiento.
- Características del tránsito: Alto tráfico de circulación.
- Víctimas: Herido de gravedad
- Indicios existentes: Abolladura frontal y lateral de la motocicleta.
- Vehículos involucrados:
  - ✓ Motocicleta Kingo.
  - ✓ Camión Volvo.

Figura 4.16 Croquis del lugar del hecho



Fuente: Elaboración propia



Figura 4.17 Fotografía del hecho tomada de norte a sur



Figura 4.18 Fotografía de los daños materiales

### **c) Cálculo de la velocidad**

Para este caso de choque a vehículo detenido no se puede calcular la velocidad por ninguno de los dos métodos, ya que no se registró huellas de frenada, además si las hubiera tampoco se podría estimar la velocidad ya que el impacto con el objeto vehículo detenido o estacionado, absorbió todo el impacto, por lo que se descarta esta opción, y por el método gráfico tampoco se podría ya que se necesitan dos vectores para hallar la resultante y trayectoria de ambos y en este caso el vehículo detenido no tiene sentido de circulación ya que actúa como objeto fijo.

### **d) Análisis**

Haciendo un análisis del suceso como se puede observar en el croquis, el conductor de la motocicleta Kingo, realiza una maniobra de adelantamiento a un automóvil, el cual le quitaba toda visibilidad ya que al querer pasarlo colisiona con el camión que se encontraba estacionado al lado derecho de la avenida.

### **e) Conclusión**

Con todo esto se llega a lo siguiente:

- ✓ La principal causa del suceso es la imprudencia del conductor de la motocicleta Kingo ya que no debió realizar el adelantamiento sin antes estar seguro de que no había un obstáculo en su camino en este caso el camión estacionado.
- ✓ El efecto de la colisión trae como consecuencia una lesión de gravedad al conductor de la motocicleta Kingo que portaba casco, siendo la víctima del hecho.

## **INFORME TÉCNICO**

### **ANOTACIONES PRELIMINARES:**

NATURALEZA DEL HECHO : Choque a vehículo detenido

LUGAR DEL HECHO : Avenida Víctor Paz Estenssoro

DÍA FECHA Y HORA : Jueves, 29 de septiembre de 2011 hrs 09:00 am

### **AGENTES INTERVENTORES:**

**CONDUCTOR:** El Conductor de la motocicleta, marca Kingo de color rojo, sin placa de control. Conductor sobrio, con 0,000 Mg/l.

**LESIONES PERSONALES.-** Herido de gravedad.

**DAÑOS MATERIALES.-** De consideración de la motocicleta.

**CIRCUNSTANCIAS DEL HECHO.-** A horas 09:00 pm del día jueves 29 de septiembre del 2011, se informa que en la avenida Víctor Paz Estenssoro, se suscitó un Accidente de Tránsito de tipo choque a vehículo detenido.

Realizando la inspección ocular, tomando en cuenta los factores que fueron agentes interventores, tomando en cuenta la posición final del mismo y el daño material se llega a lo siguiente:

Que el hecho se habría producido en circunstancias, que el conductor de la motocicleta, marca Kingo de color rojo, circulaba por la avenida Víctor Paz Estenssoro de oeste a este, impacta contra un camión Volvo con placa 498-ALI que se encontraba estacionado a lado derecho de la misma avenida, ocasionando lesiones de gravedad al conductor, el cual se encontraba solo conduciendo la motocicleta.

**DETERMINACIÓN TÉCNICA:** En base a los antecedentes acumulados, tomando en cuenta la Inspección Ocular del lugar de los hechos, y otros factores que fueron agentes interventores del hecho, se llega a las siguientes conclusiones:

El suceso ocurre por la imprudencia del conductor de la motocicleta Kingo ya que no debió realizar el adelantamiento sin antes estar seguro de que no había un obstáculo en su camino en este caso el camión estacionado.

### 4.3. Tabla con la generación de información necesaria de los hechos de tránsito

Todos los demás reconstrucciones de accidentes se encuentran en anexos, aclarando que no se hizo la reconstrucción para aquellos accidentes donde la causa es el consumo de alcohol pero sí se registró los datos necesarios para su análisis, ahora bien todos los accidentes que se pudieron registrar en el mes de septiembre se lo refleja a detalle a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1 Hechos de tránsito mes de septiembre de 2011**

HECHOS DE TRÁNSITO																	
DEPARTAMENTO: Tarija			CIUDAD: Tarija			MES: Septiembre			AÑO: 2011								
CONDUCTORES Y VEHICULOS  DETALLE	TOTAL	CONDUCTOR		ACCIDENTES			VEHICULOS INVOLUCRADOS					SERVICIO					
		Varón	Mujer	C. Muerte	C. Heridos	C. daños materiales	Automóvil	Camiones	Camionetas	Jeep	Micros	Minitubus	Vagonetas	Motociclétas	Particular	Público	Oficial
<b>TIPO DE HECHOS</b>																	
Atropellos	3	3			3	3		1		1		1		2	1		
Colisiones	19	19			8	19	13	4				2		9	9	1	
Choque a objeto fijo	3	3			1	2	3	2			1			1	2		
Choque a vehículo detenido	5	5			1	1	5	3					2	4	1		
Vuelcos	1	1			1	1	1									1	
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>1</b>
<b>CAUSAS</b>																	
Exceso de velocidad	6	6			6	6	3	1				1	1	4	2		
Embriaguez	8	8			2	3	8	6			1			1	4	4	
Imprudencia del conductor	13	13			3	14	6	4			1		2	7	6	1	
Imprudencia del peatón																	
Falla mecánica																	
Pista en mal estado																	
Omitir señalizaciones																	
No acatar disp. de Tránsito	4	4			2	2	4									3	
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>1</b>
<b>LUGAR</b>																	
Avenidas	15	15			2	6	15	8	1		1		1	2	6	6	1
Calles	3	3				3	3								2	1	
Intersecciones	13	13				9	13	8	4		1		2		8	7	
Plazas o parques																	
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>1</b>
<b>ZONAS</b>																	
Central	24	24			1	12	24	17	4		1		2		13	11	
Norte	2	2			1	1	2							2	2		
Sur	1	1					1						1				1
Este	3	3				1	3	2			1					3	
Oeste	1	1					1		1						1		
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>31</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Obtención de registros de accidentes de la Unidad Operativa de Tránsito

A continuación se presenta registros de accidentes en la ciudad de Tarija del año 2008 proporcionado por la U.O.T.

**Tabla 4.2 Clases de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008**

Clases de Accidentes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Atropellos	13	28	12	10	9	12	12	13	14	8	6	13	150
Colisiones	43	39	32	39	40	50	32	50	47	47	34	41	494
Choque a objeto fijo/veh. detenido	25	35	29	30	31	45	29	46	37	34	28	40	409
Vuelcos	6	5	3	4	2	4	3	3	4	4	4	3	45
Embarrancamientos/Deslizamiento	3	2	4	2	3	2	4	2	6	6	5	5	44
Caída de personas - pasajeros	3	2	4	4	1	6	4	5	1	6	1	5	42
<b>Totales</b>	<b>93</b>	<b>111</b>	<b>84</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>119</b>	<b>84</b>	<b>119</b>	<b>109</b>	<b>105</b>	<b>78</b>	<b>107</b>	<b>1184</b>

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

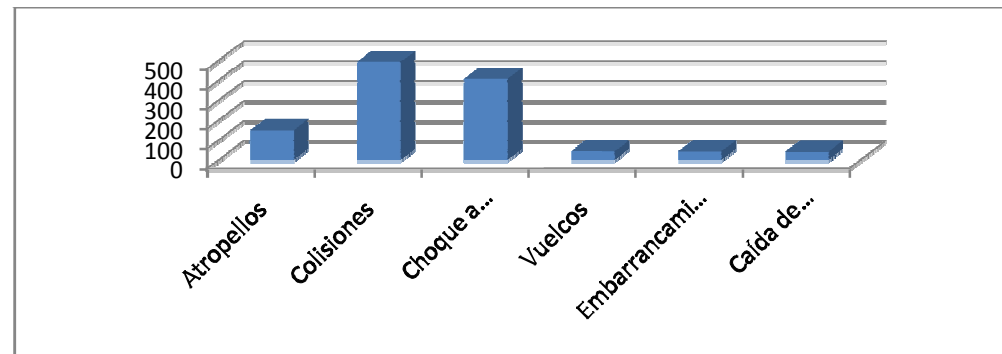


Figura 4.19 Clases de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008

**Tabla 4.3 Causas de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008**

<b>Causas de Accidentes</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
Falla mecánica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
Embriaguez	35	40	20	15	19	25	20	26	25	24	18	23	<b>290</b>
Imprudencia del conductor	32	30	35	25	26	39	26	35	34	29	25	26	<b>362</b>
Imprudencia del peatón	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	1	<b>5</b>
No acatar disp. de tránsito	11	16	12	16	15	18	11	17	15	15	11	12	<b>169</b>
Exceso de velocidad	21	22	18	17	17	22	19	25	25	22	18	22	<b>248</b>
Mala maniobra	5	9	7	13	6	12	4	12	13	11	4	13	<b>109</b>
Pista en mal estado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Totales</b>	<b>104</b>	<b>117</b>	<b>92</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>116</b>	<b>80</b>	<b>115</b>	<b>113</b>	<b>101</b>	<b>76</b>	<b>98</b>	<b>1184</b>

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

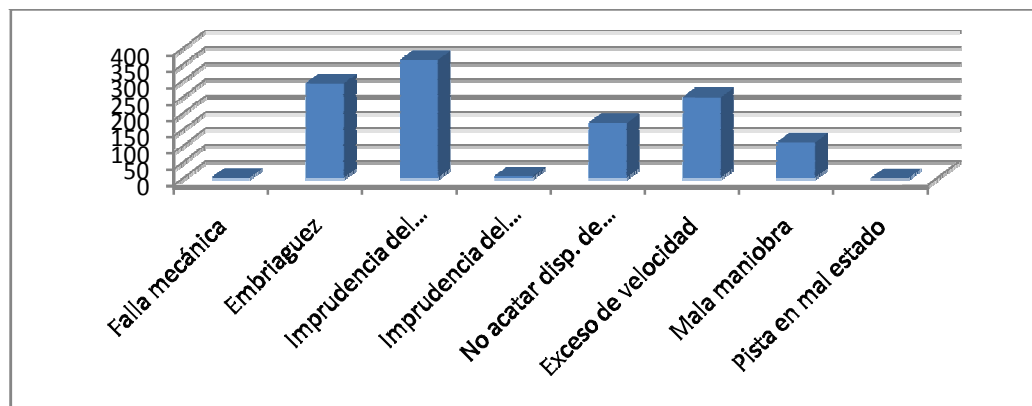


Figura 4.20 Causas de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008

**Tabla 4.4 Lugar y vías de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008**

<b>Lugar y Vías de Accidentes</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
Avenidas	24	28	22	25	24	45	30	35	36	31	27	35	<b>362</b>
Calles	4	14	10	11	14	14	8	13	13	9	5	12	<b>127</b>
Intersección de Avenidas	29	24	16	23	23	20	18	28	24	25	18	21	<b>269</b>
Intersección de Calles	20	23	20	25	19	30	22	29	25	25	17	25	<b>280</b>
Plazas o Parques	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	<b>5</b>
Puentes / Curvas	1	7	3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	<b>14</b>
Carreteras	15	10	14	6	7	8	6	15	13	12	11	10	<b>127</b>
<b>Totales</b>	<b>93</b>	<b>109</b>	<b>85</b>	<b>91</b>	<b>87</b>	<b>118</b>	<b>85</b>	<b>120</b>	<b>111</b>	<b>102</b>	<b>78</b>	<b>105</b>	<b>1184</b>

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

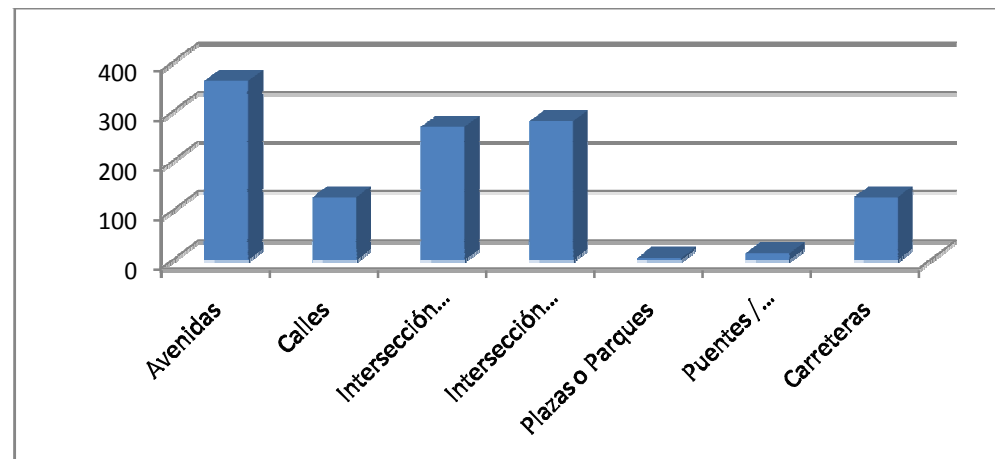


Figura 4.21 Lugar y vías de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008

**Tabla 4.5 Zonas de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008**

<b>Zona de Accidentes</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
Zona central	32	49	31	38	38	58	43	53	47	43	32	47	<b>511</b>
Zonas comerciales	46	50	37	39	39	48	35	54	52	47	35	49	<b>531</b>
Zonas Periféricas	0	0	3	8	3	4	0	0	12	0	0	2	<b>32</b>
Zona Rural	15	10	14	6	7	8	7	13	0	12	11	7	<b>110</b>
<b>Totales</b>	<b>93</b>	<b>109</b>	<b>85</b>	<b>91</b>	<b>87</b>	<b>118</b>	<b>85</b>	<b>120</b>	<b>111</b>	<b>102</b>	<b>78</b>	<b>105</b>	<b>1184</b>

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

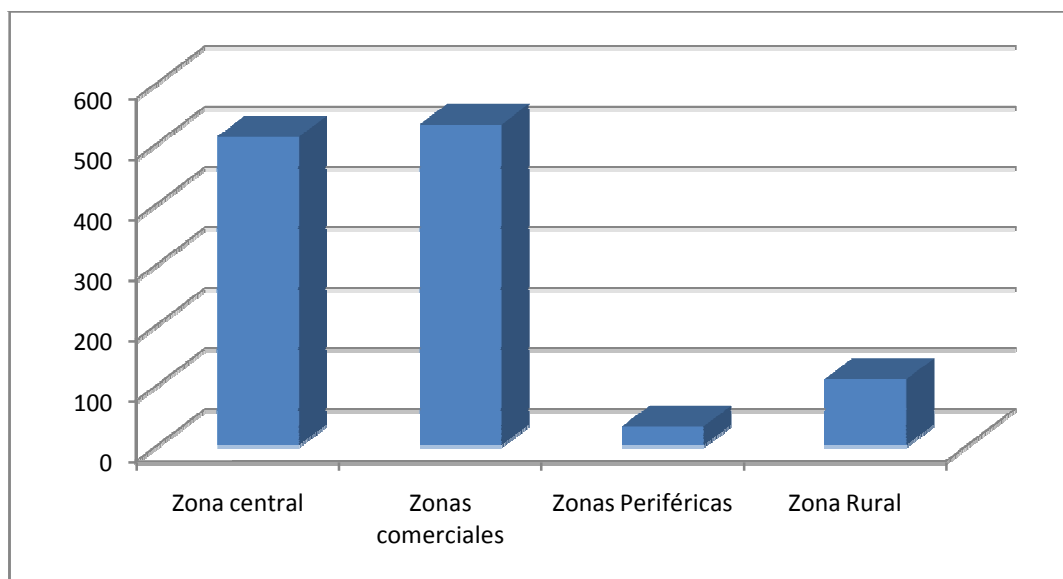


Figura 4.22 Zonas de accidentes en la ciudad de Tarija Año 2008

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Una vez realizado el estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logró poner en práctica la aplicación de la metodología de peritaje de accidentes de tráfico, proponiendo para cada clase de accidente los pasos secuenciales a seguir para el registro, identificación, cálculo de velocidades, análisis y conclusión de los hechos, además se hace referencia de cómo se debe llenar un informe técnico, indicando como sucedió el accidente, esclareciendo las causas y consecuencias que provoca el mismo, las infracciones que violaron los involucrados y el grado de culpabilidad de los mismos.
  
- Entre los tipos de accidentes más frecuentes que se registraron en el presente estudio, se encuentra la colisión en primer lugar, esto se debe a las grandes velocidades que imprimen los vehículos pese a que existen dispositivos y señales de tránsito, el segundo tipo de accidente vendría a ser el choque a vehículo detenido, esto debido mayormente a la imprudencia del conductor, en tercer lugar se encuentra el choque a objeto fijo y los atropellos, debido principalmente al consumo del alcohol por parte de los conductores, y por último vendría a ser los vuelcos de vehículos, debido también al consumo de alcohol. Cada tipo de accidentes tiene su lugar y zona específica donde más predomina cada clase de accidente, por ejemplo en las avenidas y la zona central se encuentran la mayor concentración de accidentes debido a la concurrencia masiva de vehículos, especialmente en las horas pico.

- Las principales causas de accidentes en la ciudad de Tarija, son: la imprudencia del conductor, si bien no representa un alto número en lo que a lesionados se refiere si existe un alto índice de pérdida económica por los daños materiales ocasionados, esto se ve muy marcado en los conductores que tienen mayor distracción al conducir, es decir en la falta de atención del conductor a la hora de manejar que puede ser causada por estar pensando en otras cosas que no sea la vía como se indica en la tabla 2.1. La segunda causa es la embriaguez, pero es el principal motivo de lesiones de gravedad, donde existen dos muertes por el mismo tal como se muestra en la tabla obtenida en la aplicación práctica. La tercera causa es el exceso de velocidad, debido a que no hay un control de exceso de velocidad principalmente en las avenidas, en cuarto y último lugar se encuentra el no acatar los dispositivos de tránsito como el semáforo, si bien es el valor más bajo no debería ser una causa más de accidentes ya que todos debemos hacer buen uso del semáforo y no querer pasar cuando se indique lo contrario, esto se ve a diario que los conductores quieren avanzar cuando el semáforo se pone en rojo y los peatones son los que tienen que velar por ellos mismos. Las tres primeras causas representan el mayor porcentaje del total de los accidentes, por lo que se debe realizar tareas que ayuden a la disminución de las mismas.
  
- Las vías con mayor frecuencia de accidentes de tránsito son las avenidas, esto debido a las grandes velocidades que imprimen los conductores, las principales avenidas donde se registraron la mayor cantidad de accidentes son la avenida Las Américas y avenida Circunvalación. En segundo lugar están las intersecciones de calles y avenidas esto por la falta de previsión del conductor al llegar a la esquina, por no contar con una buena visibilidad y donde existe semáforo por no respetar el mismo. En tercer lugar se encuentran las calles, esto debido principalmente ocurre cuando existe choque a vehículo detenido.
  
- Una vez más está comprobado que la zona central es el foco de accidentes de tránsito, debido a la concurrencia masiva de vehículos especialmente en las horas

pico, la cual representa el valor más alto del total de los accidentes registrados. Las demás zonas representan un porcentaje inferior a la de la zona central del total de accidentes, esto no quiere decir que se debería restarle importancia solo que se debería enfocar más en la zona central para reducir el elevado índice de accidentes.

- En la actualidad la seguridad en el tránsito es uno de los problemas primordiales de toda vialidad moderna. La magnitud de los accidentes de tránsito, dada su implicación social y económica, merece una consideración y análisis muy especial, buscando adoptar soluciones efectivas en salvaguardas de los intereses de la población. Del estudio de accidentes podemos decir que estos causan grandes daños físicos, morales y hasta la muerte en ciertos casos a las personas que se ven involucrados en las mismas. Al realizar el seguimiento de peritaje de accidentes, se logró realizar una metodología del mismo desde el punto de vista técnico, ya que se hizo un seguimiento in situ de todos los accidentes registrados.
- Por último se menciona que el presente estudio se lo realizó para preservar la integridad del usuario de una vía, ya que no tiene precio las vidas de personas, en el mes de estudio se registraron dos muertes y muchas lesiones de gravedad de los involucrados en los accidentes por conducción en estado de ebriedad, deduciendo una vez más que no se puede evitar este tipo de imprudencias de los conductores.

## **5.2. Recomendaciones**

Del estudio realizado se dan las siguientes recomendaciones que se anuncian a continuación:

- Si bien es cierto que en nuestro medio no existe el personal necesario para realizar el peritaje y reconstrucción de todos los accidentes que se registran se lo debería efectuar, ya que los oficiales de policía se basan en el monto económico de los

daños materiales, cuando este supera los 2000 Bs. y cuando existen lesiones de gravedad y muerte, para realizar el trabajo.

- Se advierte la necesidad de capacitar a los agentes de la Unidad Operativa de Tránsito en la recolección de datos precisos y adecuadamente registrados en el momento del hecho, ésta generalmente carece de precisión y adoleciendo de numerosas fallas como el no anotar bien el lugar del hecho, como sucedió el accidente, etc. ya que muchas veces reconocen motivos económicos porque los técnicos encargados de accidentes de tránsito a veces gastan de su propio dinero para dar solución a este hecho como es los accidentes de tránsito, aunque en otros casos están ligados al escaso tiempo y desconocimiento de técnicas por lo que el presente estudio es un gran aporte para el mismo. Esta capacitación se la puede realizar con la metodología de peritaje de accidentes de tráfico elaborada en el capítulo III y con ejemplos reales de aplicación práctica en el capítulo IV.
  
- Los datos básicos que deben ser registrados en el momento del accidente son:
  - Tipo de accidente: Atropello, Colisión, Choque a objeto fijo o detenido, Vuelco.
  - Lugar del accidente: Calle, avenida, intersección, en caso de zona urbana; ruta, Km., distancia aproximada con respecto a caminos de acceso o localidades vecinas, en caso de zona rural.
  - Fecha del accidente: Día, mes y año.
  - Hora del accidente: Hora aproximada del hecho.
  - Vehículos involucrados: Tipo de Vehículo, marca y placa de control.
  - Sentido de circulación: De los vehículos involucrados.
  - Número de pasajeros: Cantidad de las personas en el vehículo.
  - Condiciones climatológicas: Tiempo, características: lluvioso, neblina, y otros datos meteorológicos que resulten de interés.
  - Señalización vial existente: Semáforos, carteles indicadores, indicadores, preventivos, reglamentarios, informativos, velocidad máxima admitida.

- Características del tránsito: Tipo de tránsito; con vehículos de mediano porte, liviano, pesado, con flujo intenso, baja circulación vehicular, y otros que puedan resultar de importancia para el accidente.
  - Víctimas: Muertos, heridos graves, leves
  - Fotos del lugar y los vehículos involucrados: Donde se pueda apreciar el lugar y los daños ocasionados a los vehículos.
  - Confección del croquis ilustrativo del lugar del hecho
- 
- La educación vial es de capital importancia ya que es la base por la que se puede empezar a construir una sociedad libre de siniestralidad vial, la educación desde la infancia en el hogar e inculcar valores cívicos a la población, son las medidas más eficaces contra la lacra de los accidentes de tráfico, como se aprecia en el presente estudio existen muchas víctimas, algunos de gravedad y otros de muerte, sin mencionar las cuantías económicas por los accidentes y los efectos secundarios de los mismos de las personas involucradas, es por esto que se debe hacer uso del capítulo II donde se encuentran todos estos temas de educación vial.
  - Por último las instituciones relacionadas al tema de accidentes de tráfico deberían colaborar en la elaboración de este tipo de estudios, proporcionando los datos necesarios y confiables para la realización del mismo.