

2013

PROYECTO FINAL **"Verificación del coeficiente de rozamiento para frenadas sobre pasto"**



Alumna: María del Rosario Cornejo

Director: Licenciado Eduardo Acosta

Co-director: Perito Walter A. Reisenauer

*Universidad Autónoma de Entre Ríos
Facultad de Ciencias y tecnología
Licenciatura en Accidentología Vial*

PROYECTO FINAL

DENOMINACION DEL PROYECTO:

“Verificación del coeficiente de rozamiento para frenadas sobre pasto”

INTEGRANTES:

Alumno Tesista: *Cornejo, María del Rosario*

Domicilio: *Barrio C.O.P.E.R., Manzana A, Casa 3*

Número de D.N.I. o Cédula: *25.525.509*

Código Postal: *3.100* **Dpto.:** *Paraná* **Provincia:** *Entre Ríos*

Teléfono: *(0343)155102613* **E-mail:** cornejorosario@hotmail.com

Director del proyecto: *Acosta Eduardo*

Título profesional: *Licenciado en Accidentología Vial*

Situación de revista en la Facultad: *Prof. En la Cátedra de Práctica Pericial I y II*

Código Postal: *3100* **Ciudad:** *Paraná* **Provincia:** *Entre Ríos*

Co-Director del proyecto: *Reisenauer, Walter Alberto*

Título profesional: *Perito Accidentólogo*

Código Postal: *3.100* **Ciudad:** *Paraná* **Provincia:** *Entre Ríos*

Desempeño laboral especial en Jefatura Departamental Concordia:
Jefe de División Criminalística.-

Índice

- *Agradecimientos*
- *Resumen*
- *Summary*

CAPITULO I: Tema

- *Formulación del Problema*
- *Justificación*
- *Objetivos*

CAPITULO II: Marco teórico de referencia

- *Accidentología Vial y Triángulo accidentológico*
- *Sistema de Frenado- Frenos a tambor y disco*
- *Neumáticos - Estructura de las cubiertas - Partes del neumático- clases y tipos de neumáticos- Nomenclatura*
- *Tipo de superficie- pasto originario de la Provincia de Entre Ríos*
- *Leyes de Newton*
- *Rozamiento y Coeficiente de rozamiento*
- *Fórmula para calcular velocidad*
- *Deducción de fórmula para el cálculo del coeficiente μ (mu)*
- *Antecedentes bibliográficos*

CAPITULO III: Marco Metodológico

- *Materiales y equipo*
- *Sitio de pruebas*
- *Diseño de investigación*
- *Pruebas preliminares*

CAPITULO IV: Resultados y discusión

CAPITULO V: Conclusión

Anexo 1: *Informe sobre la vegetación del territorio provincial de Entre Ríos*

Anexo 2: *Unidades muestrales (Fichas técnicas)*

Bibliografía

Agradecimientos:

Al llegar a esta instancia final del trabajo de investigación, debo agradecer la ayuda incondicional de las personas que a diario comparten mi vida, mi Esposo Walter Alberto Maidana, mis hijos Lucas e Ignacio y el bebé pronto a llegar. No puedo dejar de mencionar a mi Sra. Madre María Inés Ceballo que junto a mi Suegra Rita Reissenauer han sido los pilares fundamentales para que yo haya podido llegar hasta acá, compartiendo la crianza de mis hijos y las penas y alegrías vividas durante estos años de estudio. No fue fácil comenzar la carrera con un bebé que aún no sabía hablar ni caminar y sin embargo transmitía con sus gestos la angustia que le provocaba mi partida a diario... fueron tiempos difíciles que gracias a la ayuda de la familia se pudo superar y hoy con orgullo los tengo frente a mí, siendo unos niños maravillosos, sanos y alegres, que demuestran que cuando hay amor verdadero las etapas difíciles se superan y quedan en sus mentes los valores inculcados, espíritu de sacrificio, respeto, constancia, comprensión. No me quiero olvidar de mis hermanos y cuñados, que durante estos años de estudio me estuvieron acompañando y brindando su ayuda, en especial a Víctor Hugo Cornejo "Tito", que me hizo la sugerencia más importante de este trabajo, realizar las pruebas en el aeroclub.

Debo agradecer a mi Director de Tesis Licenciado Eduardo Acosta, quien sin conocerme aceptó el cargo propuesto y desde el primer momento se interesó por este trabajo ofreciendo su ayuda y todos sus conocimientos para realizar un buen trabajo de investigación. También a mi gran amigo y Co-Director de Tesis Accidentólogo Vial Walter Alberto Reisenauer, quien desde el primer momento que le propuse el trabajo aceptó con gusto y se puso a disposición incondicionalmente.-

Sería injusto olvidarme de todos mis amigos y compañeros de trabajo que durante este tiempo estuvieron a mi lado, ayudándome, aconsejándome, poniéndome el hombro, a los que estuvieron pasando calor

durante las pruebas de ensayos de frenada, a los que generosamente ofrecieron sus autos particulares, con el único propósito de colaborar desinteresadamente con esta investigación, al igual que el Presidente del Aeroclub Ciudad de Paraná el Sr. Diego Martínez que generosamente autorizó la utilización de ese predio para realizar las pruebas y a la futura ingeniera agrónoma María Paula Bressan que realizó un completo informe complementario a esta investigación. A todos los que colaboraron muchas gracias.-



María del Rosario Cornejo

RESUMEN

Cuando los investigadores de siniestros viales, necesitan realizar los cálculos físicos-matemáticos para determinar la velocidad de circulación de un vehículo en base a huellas de frenada, necesitan contar con dos datos imprescindibles, como ser: la longitud de las huellas de frenada y el tipo de superficie sobre la cual se estamparon, con estos datos se puede recurrir a la fórmula universal para el cálculo de velocidad. Otro de los datos requeridos es el coeficiente de rozamiento determinado por el tipo de superficie, para ello se recurren a tablas estandarizadas halladas en libros dedicados a la temática, donde se pueden encontrar los distintos valores y sus variantes. No obstante ello, se advirtió que para la superficie de pasto seco se estableció que el valor del coeficiente de rozamiento se encuentra entre el 0,50 y 0,54 sin especificar el tipo de pasto ni las variables para adoptar uno u otro extremo. Con esta investigación se pretende verificar si esos valores se repiten para la superficie de pasto seco, oriundo de la región geográfica de la Provincia de Entre Ríos, que solemos encontrar en las banquinas que bordean nuestras rutas.

La pesquisa se realizó analizando datos de manera estadística, los mismos fueron obtenidos de experiencias realizadas en el predio del aeroclub ciudad de Paraná, exclusivamente para verificar el coeficiente de rozamiento para la superficie de pasto seco.

SUMMARY

When the researchers of sinister vials, they need to perform the physical-mathematical calculations to determine the speed of movement of a vehicle based on traces of braking, They need to have two essential data, such as: the length of the traces of braking and the type of surface on which were stamped, With these data you can have recourse to the universal

formula for calculation of speed. Another of the data required is the friction coefficient determined by the type of surface, this resort to standardized charts found in books devoted to the theme, where you can find the different values and its variants. Nevertheless, it was noted that for the surface of dry grass was determined that the value of the coefficient of friction is between 0.50 and 0.54 without specifying the type of grass or the variables to adopt one or another value. With this research is intended to check if these values are repeated for the surface of dry grass, a native of the geographical region of the Province of Entre Ríos, which we find in the shoulders that border our routes.

The investigation was conducted by analyzing data statistical manner, the same were obtained from experiments conducted on the campus of the aeroclub city of Paraná, exclusively to verify the friction coefficient for the surface on grass.

TEMA: "Verificación del Coeficiente de Rozamiento para frenadas sobre pasto"

CAPITULO I:

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Hoy por hoy es de público conocimiento que los accidentes de tránsito son una de las principales causa de muerte y lesiones. En principio vamos a considerar al accidente de tránsito como aquel evento que ocasiona un daño en las cosas o lesiones y/o muerte en las personas, produciendo determinados efectos jurídicos. Así también lo define nuestra Ley N° 24.449 que rige en materia de tránsito, en su Artículo 64 "*Se considera accidente de tránsito todo hecho que produzca daño en personas o cosas como consecuencia de la circulación*".

Actualmente cuando ocurre un accidente de tránsito, según lo dicta el mismo cuerpo legal, se debe realizar una Investigación Accidentológica (Ley N° 24.449, artículo 66°), según reza "*Los accidentes del tránsito serán estudiados y analizados a los fines estadísticos y para establecer su causalidad y obtener conclusiones que permitan aconsejar medidas para su prevención*", esto se realiza también para determinar en la faz judicial la responsabilidad que le caben a los partícipes del accidente y por otra parte que sirvan para prevenir futuros incidentes de similares características.

Dentro de los requerimientos de un peritaje accidentológico, es casi infaltable el punto pericial donde los magistrados y abogados solicitan el cálculo de velocidad. Es por ello que cuando se realizan las pericias accidentológicas y en presencia de huellas de frenado, se puede determinar la velocidad aproximada a la que circulaba el rodado previo al contacto estructural con otra unidad de tránsito u objeto de la vía. Para esto, se utilizan fórmulas fisico-matemáticas en la que se manejan datos y uno de los

cuales es el coeficiente de rozamiento, definido como el roce que se produce entre los neumáticos y la calzada, dependiendo del tipo de superficie. Al utilizar estas fórmulas, necesariamente para el cálculo estimativo de la velocidad del vehículo, necesitamos el valor del coeficiente de rozamiento dinámico, por lo que actualmente se recurre al método de obtener estos datos de la bibliografía existente relacionada a esta temática, donde figuran tablas estandarizadas para distintas superficies, como por ejemplo, asfalto, ripio, broza, tierra, dentro de las cuales no se hayan incluidos elementos relevantes a la hora de escoger cuál se adapta mejor a la situación que se analiza.. No obstante ello, podemos advertir en el libro "Manual básico de investigación de accidente" de Alba López J., Monclús González J., Iglesia Pulla A. (2001, 121), que existe un valor para césped seco que es de 0,50-0,54, pero no se hallaron trabajos de ensayos relacionado a este tema, por lo que ante un siniestro vial, donde un vehículo ha frenado sobre la banquina, constituida generalmente por pasto oriundo de la zona geográfica del departamento Paraná, de la Provincia de Entre Ríos- Argentina y ha dejado sus huellas estampadas sobre la misma, al intentar realizar el cálculo físico matemático, nos hallamos con el inconveniente de que no se cuenta con un coeficiente determinado para este tipo de superficie, por lo que se recurre al método de tomar un valor medio entre el coeficiente máximo calculado para asfalto que es de 0,85 y el coeficiente mínimo calculado para hielo cristal que es de 0,15, por lo que al tomar un valor medio obtenemos el de 0,5. Este valor también coincide con el valor utilizado para la superficie de tierra suelta seca, que se toma como analogía. Entonces nos preguntamos ¿Cuál debe ser el valor del coeficiente de rozamiento dinámico utilizado para calcular velocidad, cuando la frenada de automóviles dotados con frenos convencionales (pastillas y tambor) ha sido sobre superficie de pasto seco, oriundo de la región del departamento Paraná- Entre Ríos- Argentina?

JUSTIFICACIÓN:

El presente trabajo permitirá determinar y conocer el valor estimativo del coeficiente de rozamiento que debe utilizarse para calcular velocidad pre-impacto de un vehículo, que ha frenado sobre una superficie de pasto o césped como suele llamarse también en estado seco.

Al no existir en la bibliografía relacionada con esta temática, publicaciones sobre ensayos para establecer los coeficientes para superficie vegetal presente en la región consideramos importante poder determinarlo, a fin de contar con este dato requerido por los peritos accidentólogos y los Ingenieros que realizan peritajes accidentológicos, de hechos acontecidos en la región del Departamento Paraná.

Por otra parte se considera oportuno realizar pruebas y/o ensayos a los fines de actualizar los parámetros para realizar los correspondientes cálculos físicos-matemáticos tendientes a cuantificar los valores utilizados. Así también lo expresan Alba López, Monclús González e Iglesias Pulla (2001:72), cuando expresan en una Nota: *"Todo investigador debe ser consciente de que la tecnología de vehículos progresa día tras días y, por tanto, debe preocuparse por trabajar con parámetros de cálculo actualizados. Por ejemplo, seguir atribuyendo sistemáticamente un valor de 0,8 al coeficiente de rozamiento entre neumáticos y asfalto- ambos en buen estado- es, hoy en día, una práctica alejada de la realidad y dice poco a favor de los técnicos que la aplican indiscriminadamente"*.

Asimismo la orientación se extiende a los profesores, alumnos y profesionales de las ciencias criminalísticas e Ingeniería, motivando las ansias de investigación y del saber individual.-

 **OBJETIVOS:**

Objetivo general:

- ✓ Verificar el valor del coeficiente de rozamiento dinámico que debe utilizarse para calcular velocidad de circulación aproximada de un automóvil dotado con freno hidráulico convencional, que ha frenado sobre superficie de pasto seco, de la zona del Departamento Paraná.-

Objetivos específicos:

- ✓ Determinar la distancia de frenado sobre pasto, de diez automóviles dotados con frenos convencionales (zapata-tambor).
- ✓ Calcular el coeficiente de rozamiento en base a la fórmula físico-matemática correspondiente, con los datos obtenidos en los ensayos realizados.-

CAPITULO II: Marco teórico

✓ **Accidentología vial y triángulo accidental**

La Accidentología vial es una disciplina científica, que se encarga del estudio integral del accidente de tránsito o siniestro vial, como prefieren llamarle algunos autores al considerar que un "accidente" es *"un suceso (o encadenamiento de sucesos) inesperado, impremeditado, e indeseado, generalmente de consecuencias desagradables: lesiones a las personas y/o daños a las cosas"*, en tanto que un "siniestro" es un acontecimiento evitable.

Así lo entiende también Guido Borda (2011;1), cuando expresa:

"Accidente, en su sentido jurídico, envuelve un aspecto de casualidad, de caso fortuito y en este sentido se habla comúnmente de `daños causados por mero accidente` en que se establece a priori que no ha habido culpa ni intención de causarlo, implicando con ello una valoración exculpatoria. Al respecto, ya en 1956, en un trabajo publicado en The Polic Journal (Londres), se sugiere la eliminación de la expresión accidente, en el tránsito en especial, dado a que estos eventos se producen generalmente por Imprudencia que encierra una acción culposa deliberada aunque el hecho mismo no sea deseado y ambos términos, Accidente e Impericia, aparecen como contradictorios."

A los fines de esta investigación, se considerarán los dos términos como sinónimos, reflejando ambos la situación conflictiva que se produce

entre los tres factores que intervienen en el mismo, cuales son: el hombre, la vía pública y el vehículo.

A esta conjunción de factores se las conoce generalmente como Triangulo Accidentológico. Se considera que entre estos tres elementos existe una correlación en la producción del accidente. Veremos ahora en qué consiste cada uno:

Hombre: se lo denomina comúnmente de esta manera, pero el concepto se refiere al ser humano, en su rol de conductor, acompañante o peatón, indistintamente de su género. Este elemento está contenido dentro de los factores humanos, considerado como el de mayor incidencia en un accidente de tránsito.

Según María Graciela Berardo (2003;4) *“Los conductores constituyen el elemento más importante de la circulación, ya que el movimiento de los vehículos en la carretera depende fundamentalmente de ellos y la calidad de la circulación será el resultado de su mayor o menor habilidad para adaptar el movimiento de sus vehículos a las características de la vía y de la circulación”,* en tanto que *“el comportamiento de los peatones es aún menos predecible que el de los conductores”*.

Vía Pública y medio ambiente: aquí por un lado consideramos el sitio donde ocurrió el accidente de tránsito que puede ser investigado. Indistintamente puede corresponder a sitios abiertos o cerrados o mixtos (combinación de los anteriores). Entendemos por sitios abiertos: la vía pública, abarcando la calzada, la vereda hasta la línea de edificación, en el caso de una ruta abarca la calzada y las banquetas y sitios cerrados: aquellos lugares que sí están delimitados, como por ejemplo un estacionamiento. La diferencia entre ambos radica en lo estipulado en el Artículo 1º de la Ley 24.449, cuando refiere que el Ámbito de Aplicación de la ley y sus normas reglamentarias regulan el uso de la vía pública, y son de aplicación a la circulación de personas, animales y vehículos terrestres en concesiones viales, la estructura vial y el medio ambiente, en cuanto fueran con causa del tránsito.

Vale decir en "lugares cerrados o privados" no se aplica la Norma Legal, no obstante ello, si se puede hacer un peritaje accidentalológico.

Por otra parte, se incluye en este factor a las condiciones ambientales al momento de la producción del accidente, pues está muy vinculada al mismo, siendo muchas veces un factor muy determinante a la hora del análisis pericial.-

Estos elementos están dentro del factor Vía pública o simplemente Vía, como lo denominan algunos autores, entre ellos María G. Berardo (2003), quien considera que este factor influye en los siniestros viales desde el diseño geométrico (curvas, intersecciones, control de accesos, señalización, entre otros), el diseño estructural (tipo, estado y mantenimiento de la superficie de la calzada) y las condiciones del medio ambiente (visibilidad pobre, presencia de hielo, nieve, etc).-

Vehículo: Dentro de este factor, se consideran los vehículos automotores o tracción a sangre, ya sea carros tirados por animales o bien bicicletas o vehículos similares impulsados por su conductor.

Son menos frecuentes los accidentes donde la principal causa del mismo han sido por fallas mecánicas, como por ejemplo, neumáticos en mal estado, frenos deficientes, fatigas de materiales, entre otros.

Para la realización de este trabajo vinculamos principalmente dos factores, que son el vehículo automotor y la superficie por donde éste se desliza.

Al hablar de vehículo nos referimos específicamente a los Automóviles, teniendo en cuenta solo este segmento en virtud de que en las rutas, transitan con más frecuencia los automóviles y los camiones, siendo más factible y realizable la investigación acerca de la unidad de menor porte.

Dichos automóviles se encuentran dotados de dispositivos de seguridad Activos y Pasivos. Dentro de los dispositivos de seguridad Activos, encontramos los Frenos. Así Pons Pablo y Torres, (1995:19) lo definen como "los encargados de disminuir la velocidad del vehículo, llegando a

detenerlo, conociéndose como frenos de servicio". En los sistemas de frenos convencionales encontramos como elementos constitutivos los frenos de tambor o de expansión y los frenos de discos o de compresión.-

A continuación veremos en detalle este sistema según lo describen Pablo Pons y Torres (1995;269):

✓ **SISTEMA DE FRENADO**

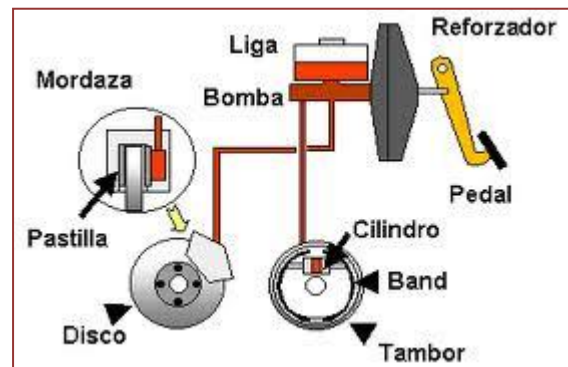


Imagen extraída en <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com>

"La función del sistema de frenado es la de aminorar la velocidad del vehículo, llegando incluso a detenerlo a voluntad del conductor de forma segura y con el mínimo esfuerzo, aún en caso de avería.

Para la disminución de la velocidad los frenos transforman la energía mecánica en energía calorífica, al hacer rozar una parte fija del vehículo (pastillas y zapatas) con otra parte móvil (disco o tambor)".

Los tipos de sistemas de frenado, según los elementos empleados y la forma de efectuar el desplazamiento de la parte móvil, son:

- ✓ Frenos de tambor o de expansión
- ✓ Frenos de disco o de compresión

FRENOS DE TAMBOR O DE EXPANSIÓN:



Imagen extraída en www.mecanicaymotores.com

Este tipo de freno tiene los siguientes elementos:

- **Tambor**: es la parte móvil, fabricado en fundición gris perlítica con grafito esferoidal de elevada resistencia al desgaste por rozamiento y a la deformación por la temperatura. En la zona central hay unos orificios para los espárragos de la rueda, con la cual el tambor gira solidario.
- **Plato de freno**: es la parte fija, formada por un plato soporte de chapa, las zapatas de freno, los mecanismos de accionamiento y los elementos de fijación y regulación.

Las zapatas (elementos importantísimos en la eficacia del sistema de frenado) están formadas, generalmente, por dos chapas de acero, aunque las hay de fundición de hierro e incluso de aleación ligera. A las chapas metálicas se les fijan unos forros o fundas (ferodos), generalmente pegados con cola o también (menos usado) mediante remaches.

Las zapatas han de tener una dureza inferior a la del tambor para no dañarlo, ser resistentes a la abrasión y a las altas temperaturas, de alto coeficiente de rozamiento e indeformables, para lo cual se utilizan

una serie de materiales, que agrupados, reúnen esas propiedades, como son el amianto (elemento básico), resinas sintéticas y compuestos minerales (carbono, azufre, bario, magnesio y manganeso).

FUNCIONAMIENTO:

Las zapatas presentan, en uno de sus extremos, un orificio en el cual es introducido un pivote sobre el que giran y en el otro extremo están apoyados en una leva (accionamiento mecánico) o en un pistón (accionamiento hidráulico).

Al pisar el freno, las zapatas se abren girando sobre los pivotes, y los forros entran en contacto con el tambor, disminuyendo la velocidad de giro de la rueda.

Cuando no se acciona el pedal de freno, un muelle recuperador, que une las dos zapatas, hace volver a éstas a su posición inicial.

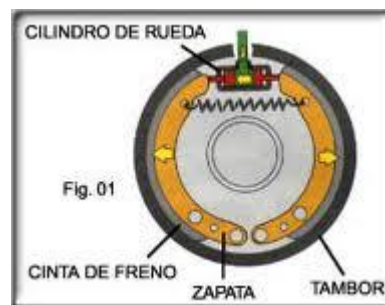


Imagen extraída en www.portalnet.cl

FRENOS DE DISCO O COMPRESIÓN:

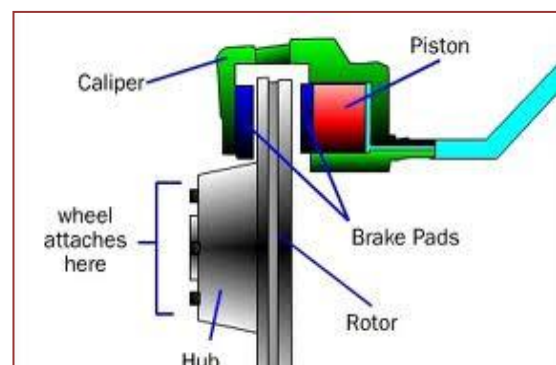


Imagen extraída en www.indubal.wordpress.com

Cada vez son más utilizados, sobre todo en las ruedas delanteras, si bien hay gran cantidad de vehículos que van dotados de frenos de disco a las cuatro ruedas.

Tienen una serie de ventajas sobre los frenos de tambor como son:

- Distancia de frenado menor que los de tambor
- Mejor refrigeración que los de tambor
- Ausencia del fenómeno de "fading" o pérdida de eficacia por imposibilidad de evacuar el calor.

Algunos sistemas llevan dos o cuatro pistones mandados por sus respectivos circuitos que aseguran la acción de las pastillas sobre los discos. En caso de fallo de algún circuito, el frenado está asegurado aunque de una forma menos eficaz.

FUNCIONAMIENTO:

Al pisar el pedal de freno, se empuja el líquido del circuito. La presión hidráulica oprime los pistones contra las pastillas, que presionan sobre las caras del disco y reduce su velocidad y con ello la de las ruedas.-

Ahora bien, este sistema de frenado, está adherido al sistema de rodamiento, conformado por el binomio llanta-neumático. El neumático es un órgano de seguridad y confortabilidad, y único lazo de unión entre el suelo y el vehículo.

Frecuentemente olvidamos que el neumático es el único punto de contacto del vehículo con el suelo. Debe asegurar cierto número de funciones: guiar, sustentar, amortiguar, rodar, transmitir y durar. Estas funciones garantizan la seguridad, el confort y el ahorro.

A continuación veremos en detalle cómo está conformado un neumático, según lo describe Manuel Arias, Paz Guitian (2004;990):

NEUMATICOS



Imagen extraída en www.michelin.es

Los neumáticos están compuestos principalmente por un material conocido como Caucho, este es un producto del árbol originario de Brasil que lleva su nombre y se cultiva en países tropicales húmedos. Al sangrar el árbol se recoge el líquido lechoso, látex, que en su tercera parte está compuesto por partículas de goma pura.

Desecado el látex, se mezcla con proporciones variables de azufre, "vulcanización", y otros productos para hacerlo resistente al desgaste, a la rotura, a la oxidación, etc., obteniéndose caucho vulcanizado en grado diversos de dureza, desde el blando usado para las cámaras de aire hasta la ebonita, que es un compuesto rígido. El caucho utilizado en las cubiertas lleva una gran proporción de "negro de gas", especie de hollín obtenido por combustión incompleta de ciertos gases naturales, y compuesto por diminutas esferillas de carbono, de diámetro entre 5 y 125 milésimas de milímetro; gracias a él la resistencia al frote, desgarramientos y a los cortes ha aumentado extraordinariamente.

El caucho así tratado es resistente al agua y a los ácidos, pero lo atacan el aceite mineral y la gasolina, por lo que deben preservarse los neumáticos del contacto con estos líquidos; bajo la acción de la luz y con el transcurso del tiempo se oxida, haciéndose quebradizo.-

Los cauchos artificiales se obtienen en su mayoría partiendo del petróleo bruto. El más empleado es el SBR o "Buna S" a base de estireno y butadieno, que también pueden conseguirse del alquitrán de hulla y del

alcohol. El SBR es el que más se ha utilizado para la banda de rodadura de los neumáticos, con un treinta por ciento más de duración que el caucho natural. Pero en la elasticidad ninguno llegó a éste hasta bastante después de la segunda guerra mundial. Actualmente el progreso es tal que el polisopreno es realmente un duplicado del natural, y el polibutadieno le dobla además la resistencia, por lo que su aplicación a las cubiertas de automóviles parece de empleo ventajoso.-

Cámara y cubierta

Sobre las llantas de las ruedas se montan los bandajes o cubiertas, cuyas pequeños zonas de contacto y adherencia con el piso son los puntos de apoyo de toda la fuerza del motor para el avance y de los frenos en las paradas; soportan el peso de vehiculo, lo sujetan al piso para resistir los esfuerzos laterales, como el viento o la fuerza centrífuga en las curvas, y a la vez son elementos importantes de la suspensión, absorbiendo las trepidaciones que las pequeñas irregularidades del piso causarían al automóvil.

Actualmente todos los bandajes empleados son neumáticos, es decir que utilizan el aire más o menos comprimido como medio elástico para la suspensión. Los bandajes macizos de goma, antiguamente usados, sobre todo en las ruedas traseras de los grandes camiones, a pesar de perfeccionarse con los denominados semimacisos, provistos de hendiduras y canales con aire, han caído en desuso.

Los neumáticos (Fig. 2.1- Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil) constan de dos piezas: la cámara N, que contiene el aire a presión introducido por la válvula V, y la cubierta C, por la cual se realiza el contacto con el suelo, elemento resistente del bandaje que rodea y protege la cámara, permitiendo inflar a mayor presión de la que la cámara resistiría por sí sola.

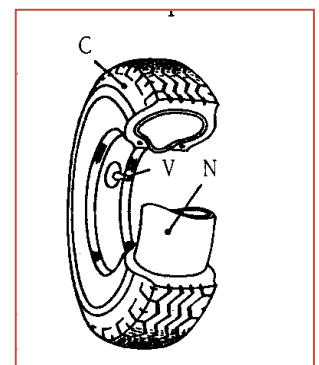


Fig. 2.1

Estructura de las cubiertas

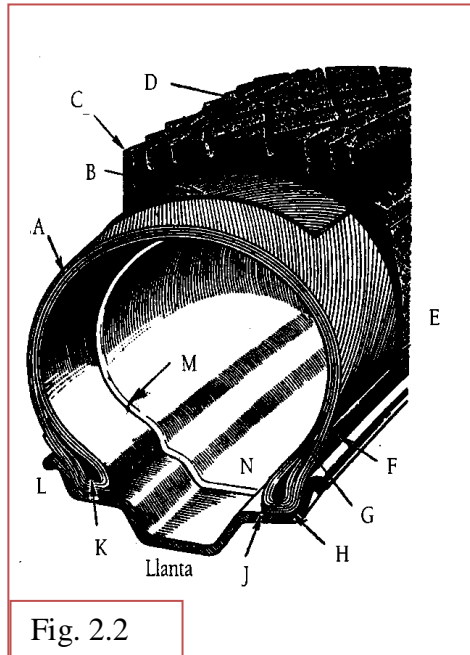


Fig. 2.2

Las cubiertas (Fig. 2.2- Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil) están formadas por una armadura o carcasa de tejido textil (algodón, rayón, nilón, poliéster o fibra de vidrio) recubierto por una capa de caucho vulcanizado duro, de bastante espesor en la banda de rodadura D, que es la parte que se desgasta por su apoyo y roce sobre el pavimento. Antiguamente la carcasa se hacía con tiras de lona superpuestas, de modo que los tejidos resultaran cruzados, pero la flexión de la cubierta al apoyarse en el piso

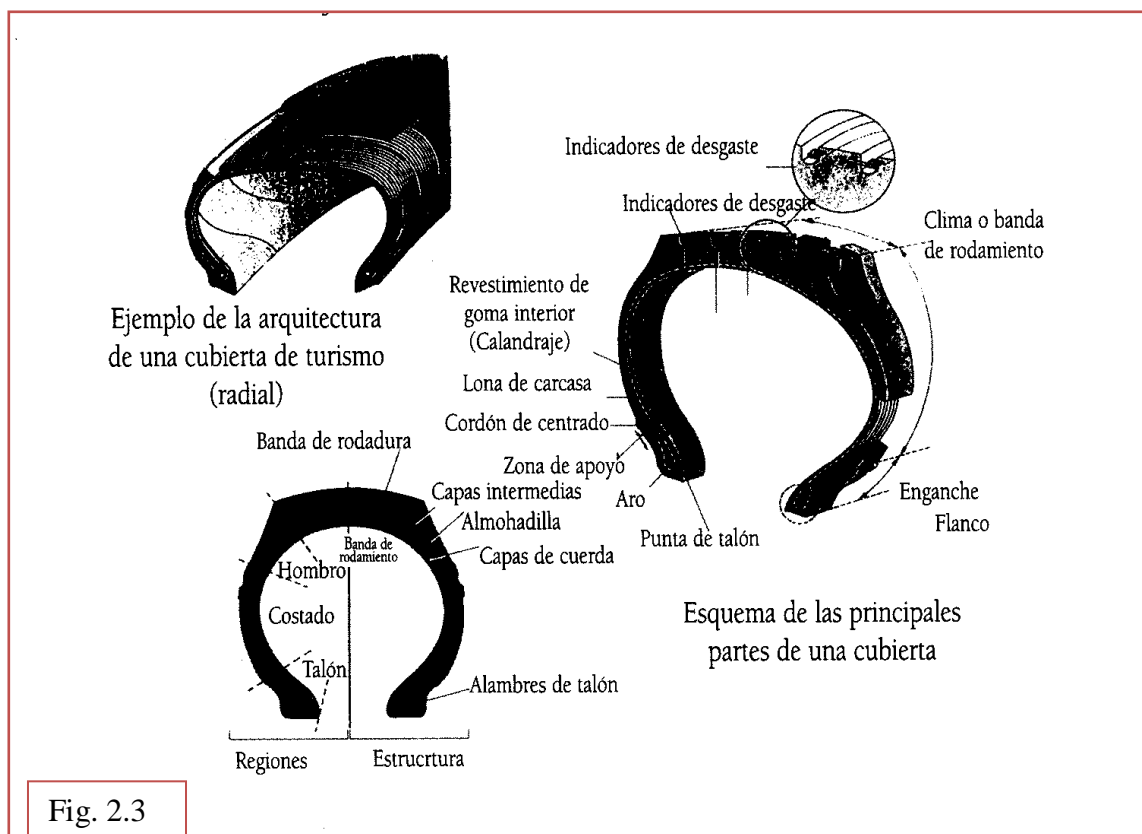
provocaba un fuerte frotamiento de los hilos de algodón entre si, desorganizándose las telas rápidamente, razón por la que se recurrió a distintas organizaciones de la armadura.

Partes del neumático

Hemos descrito la composición interna de una cubierta, pero hay que considerar además las partes en que está dividida y las misiones de cada parte. En la figura 2.3 - Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil, se ve un ejemplo de constitución y partes de la misma.

- **Talón**: es la parte de la cubierta que "ajusta" en el disco metálico, la llanta en concreto, para que el cierre sea perfecto. El borde del talón tiene la medida exterior del disco de rueda y está reforzado para evitar roturas en el borde.
- **Flanco o costado**: es la parte de la cubierta que "sujeta" la estructura uniendo banda de rodadura y hombro con el talón.-

- **Hombro:** es la parte "reforzada" donde termina la banda de rodadura, es la parte que suele rozar con los bordillos de aceras soportando tales rozaduras.
- **Banda de rodadura:** es la parte de la cubierta que "roza" con el firme y permite el "agarre" de la rueda en su desplazamiento. La superficie está acanalada, habiendo en su interior "topes de desgaste". Cuando desaparece la banda de rodadura la rueda está inservible. El código de la circulación dice que los neumáticos deben conservar el dibujo en la totalidad de la banda de rodadura.-

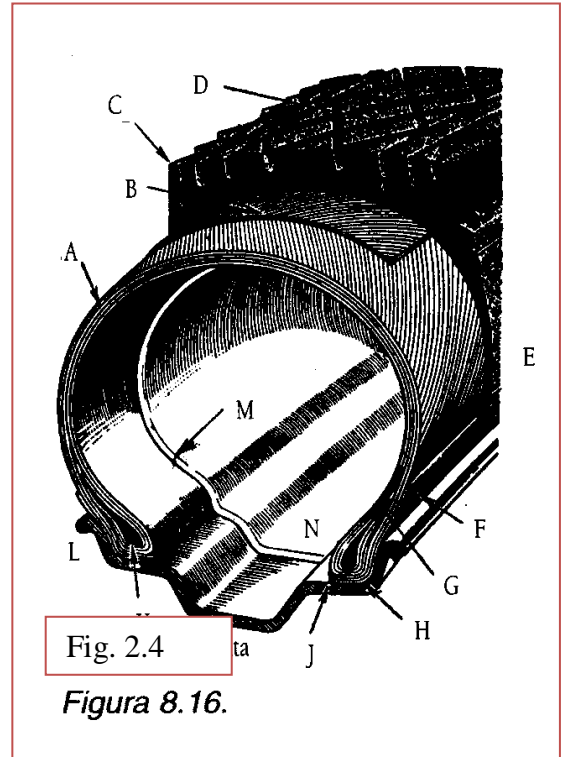


Clases y tipos de neumáticos

Según la estructura de la cubierta los neumáticos pueden ser diagonales, radiales o mixtos.

Neumático diagonales:

En ellos se sustituyen las lonas por capas (Fig. 2.4- Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil) de cuerdas o cables de algodón o de una de las fibras citadas, impregnadas de caucho y se mantienen unas al lado de otras como señala el dibujo, formando capa mediante baño de caucho. Cada capa se monta sobre la anterior cruzando el sentido de las ruedas (que durante muchos años formaban un ángulo de 45° y se ha ido reduciendo a 40° , y menos, en neumáticos de alta velocidad) y con cuatro de aquellas, o menos, dependiendo del tipo de fibra utilizada, se obtiene un armazón de gran solidez sin que la flexión continua de los costados o flancos E de la cubierta produzca rozamiento que debiliten la resistencia.



Rodeando estas cuerdas va la capa de caucho vulcanizado duro, corte en negro, que en la base de la banda de rodadura D lleva una o varias fajas B, de tejido cauchutado consistente, como protectora de pinchazos y para refuerzo de la carcasa. Los bordes de la cubierta se refuerzan con lonas cortas F y con aletas de talón G, para soportar el roce con los bordes de la llanta L.

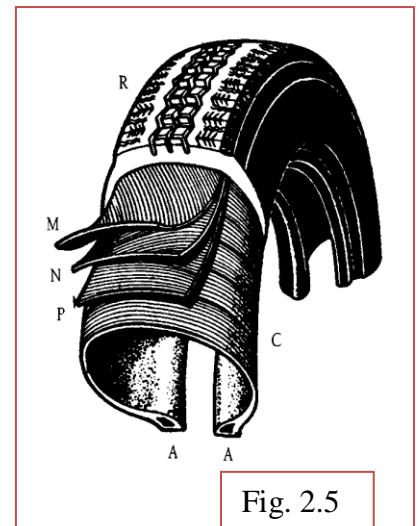
La banda de rodadura está tallada con resaltes y hendiduras de diferentes dibujos, según las marcas, que agarran sobre las asperezas del pavimento y dan adherencia a las cubiertas para soportar los esfuerzos del motor, frenos, centrífugo, etc. Como el agua es lo que pudiera llamarse el lubricante ideal una serie de cortes transversales muy próximos: la flexión sobre el piso de las laminillas resultantes hace de ventosa absorbiendo y expulsando el agua, de modo que aumentan la adherencia sobre pavimentos resbaladizos.

Los hombros o bordes C de la banda de rodadura se tiende a hacerlos redondeados, al objeto de que al cruzar en diagonal surcos o hendiduras de la vía no se enganche o retenga la cubierta y el paso pueda hacerse sin reacción del volante o alteración de la estabilidad.

Actualmente todas las cubiertas tienen los bordes rígidos, armados por cables K en el interior del talón H, compuestos de alambres de acero de gran resistencia, para evitar que se estiren y que se separen de la llanta.

Neumáticos Radiales:

En éstos la carcasa (Fig. 2.5 - Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil) está formada por una serie de capas de cuerdas textiles C embebidas en caucho y transversales a la cubierta, o sea que van directas de talón a talón en vez de colocarlas en diagonal. Entre esa capa y la banda de rodadura hay un número variable de telas M, N, O, .. de cuerdas de rayón, alambre fino de acero o fibra de vidrio, en forma de cinturón (esas cuerdas forman con la línea descrita por el eje de rotación de las ruedas un ángulo de 18° a 22°). El cinturón o zuncho confiere gran rigidez a la banda de rodadura, impidiendo que se deforme en las curvas o bajo la acción del viento lateral, con lo que mantiene más segura la trayectoria del vehículo, mejor estabilidad.



El número de capas y telas varía en función de la fibra empleada en las cuerdas, rigidez que quiera darse a la cubierta y la carga que ésta ha de soportar.

Con este tipo de neumático los flancos y la banda de rodadura trabajan independientes; las flexiones de los flancos no se transmiten a la banda, con lo que se reducen las deformaciones de la superficie de contacto y las fricciones con el suelo.

Aparte una mejor estabilidad, las ventajas que proporcionan son: aumento del rendimiento en kilómetros, mejor adherencia, disminución del consumo de carburante, mayor confort y disminución del calentamiento del neumático durante el rodaje.

‡ Neumáticos mixtos:

Consisten en carcassas diagonales con zunchos o cinturones semirígidos bajo la banda de rodadura. En este tipo los bordes o flancos del neumático coinciden con los extremos del zuncho, obteniéndose así independencia entre la flexión de la banda de rodadura y los costados de la cubierta.

Poseen características intermedias entre las de los tipos anteriores.

Ahora bien, si se los evalúa en base al tipo de uso de cámara, es posible distinguir dos modalidades: la que recibe el nombre de **tubetype** y se caracteriza por no poder montarse sin cámara (presente en camionetas 4X4 y ciertos vehículos agrícolas) y otra definida como **tubeless** (o sin cámara) que posee en su interior unos aros de acero que evitan las pérdidas de aire.

El progreso en la fabricación de cauchos artificiales ha permitido producir neumáticos (Fig. 2.6 - Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil) compuestos sólo por la cubierta, sin cámara (Tubeless). Su aspecto exterior es el mismo que el de una con cámara (tube Type). En la figura 8.19 puede observarse en 1 la banda de rodadura, en 2 el cinturón o zuncho, en 3 la carcasa, en 4 el flanco o costado, en 5 el aro, en 6 el talón o enganche, en 7 la válvula, en 8 la llanta especial y en 9 la capa de goma hermética que sustituye a la cámara de aire.

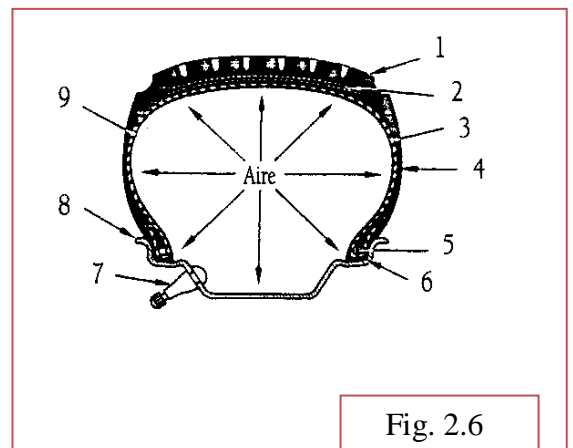


Fig. 2.6

La ventaja más interesante de este sistema consiste en la disminución de reventones, tan peligrosos con el vehículo a gran velocidad. Con los neumáticos con cámara, un corte o grieta en la cubierta no se percibe hasta que aquella, falta de retención en la zona deteriorada, tiende a herrarse y revienta como un globo demasiado inflado. Como aquí, en vez de cámara, el interior de la cubierta está revestido de goma blanda que, si se produce una cortadura, autotapona, el aire se escapa poco a poco, dando tiempo a parar sin accidentes.

Nomenclatura:

Todos los neumáticos llevan en los flancos, unos números y letras, que definen las medidas y características del mismo. Las marcas son adoptadas en general por todos los fabricantes de ruedas. En la figura 2.7- Imagen extraída en M. Arias- Manual del Automóvil, pueden apreciarse distintos caracteres y su significado.

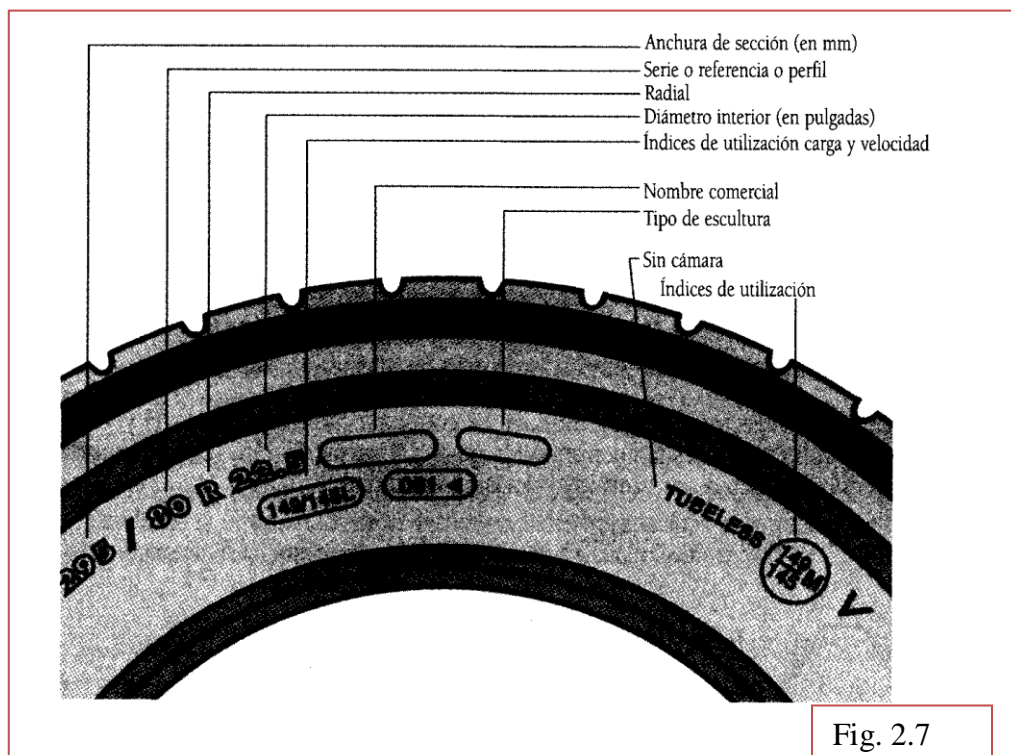


Fig. 2.7

TIPO DE SUPERFICIE

En la presente investigación al hablar de vía, nos estamos refiriendo a la superficie por donde circula el vehículo, ya sea por caminos vecinales, calles, rutas nacionales y/o provinciales, etc. éstas pueden estar constituidas de varios materiales como por ejemplo, broza, ripio, asfalto, hormigón, etc.. Existen casos donde los vehículos que circulan por estas arterias, en determinadas circunstancias suelen circular por la banquina, por ejemplo con maniobras de esquite ante una situación de riesgo observada en su línea de marcha. Estas maniobras pueden quedar plasmadas en la superficie en forma de huellas, ya sea de frenada, derrape, arrastre o vuelcos.

En el presente trabajo de investigación, al hablar de huellas sobre la calzada o superficie, estamos haciendo referencia a los indicios físicos dejados por los automóviles, de los cuales se vale el perito Accidentólogo al momento de considerar los hechos y poder hacer sus determinaciones científicas sobre el accidente de tránsito que investiga. Así de esta manera podemos mencionar que existen distintas clases de huellas, como pueden ser: de arrastre, de frenado, de desplazamiento, intermitentes, de rodamiento, de cuerpo duro, de cuerpo blando, mixtas y combinadas de unas con otras. A los fines de esta investigación nos centraremos especialmente en las huellas de frenada sobre pasto. Según lo manifiesta Flores Cervantes, Cutberto (1994:70) *"Las huellas de frenamiento son para los peritos de tránsito, tan importantes como las huellas dactilares para los criminalistas, con ellas podremos identificar al vehículo que las imprimió, conociendo además sobre qué calle circulaba, en qué dirección lo hacía, qué carril ocupaba señalando exactamente su separación de la guarnición más cercana y a qué velocidad se desplazaba"*.

Cuando un rodado dotado con frenos convencionales (zapatas y tambores) frena, estampa las denominadas "huellas de frenado". Según Irureta (1999;73) éstas *"se producen cuando debido al bloqueo de las ruedas, los neumáticos presentan a la fricción con el piso permanente la misma zona de contacto"*.

Al suceder esto, la energía cinética que posee el rodado, se transforma en energía de trabajo, provocando un calentamiento en la zona de contacto entre el neumático y la calzada, produciendo el desprendimiento del caucho, depositando parte de éste sobre la superficie, evidenciando las conocidas "huellas de frenada", éstas son denominadas o reconocidas como huellas patentadas. Este fenómeno ocurre cuando la superficie de contacto es lo suficientemente sólida y abrasiva, para generar el calor necesario para desprender el caucho y depositarlo sobre ella, por ejemplo, asfalto o concreto.

También se sabe que las huellas aparecen visibles sobre estas superficies tiempo después del bloqueo, es decir, que existe un determinado espacio durante el cual, el proceso de frenado y el bloqueo de neumáticos ha comenzado, sin que dejen sus huellas marcadas visiblemente, este "espacio" es lo que se denomina como "huella no patentada". Autor como Irureta (1999;74) considera *"que las huellas de frenado comienzan gradualmente, siendo su inicio real de muy difícil- si no imposible- determinación, de modo que antes de comenzar la huella nítida, siempre existe una huella difusa (shadow marks) cuyo principio es incierto"*.

Al hacer referencia a la superficie por donde circula el vehículo, tomamos en cuenta el pasto. El **pasto** es una hierba, normalmente utilizada como alimento de ganado, jardinería o simplemente para recubrir el piso. Se caracterizan por regiones geográficas y climáticas.

A los fines de realizar una descripción del suelo, sobre el cual se hicieron las pruebas experimentales de esta investigación, se solicitó colaboración a la Srta. MARIA PAULA BRESSAN, estudiante avanzada de la Carrera Ingeniería agronómica dependiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, quien realizó un estudio del pasto que constituye el sector elegido. En su correspondiente informe, agregado en el Anexo I detalló que el área de estudio corresponde a un pastizal, donde predominan gramíneas. En cuanto a la composición florística se destacan por la frecuencia *Bouteloua megapotamica*; *Stipa sp*,

Bromus catarrhicus, *Axonopus* sp. *Piptoquetium* sp, *Cynodon dactylon*, *Eragrostis lugens*; en cuanto a las leguminosas y otras familias botánicas se destacan: *Dischondra repens*, *Melica macra*, *Stelaria media*, *Cyperus* sp, *Lepidium sativum*, *Aechmea distichantha*.

Bouteloua megapotamica

Imagen disponible en www.ufrgs.br

Planta nativa perenne, estolonífera o risomatosa, con caña de 15-25 cm de alto, ascendente.



Stipa sp

Imagen disponible en www.commonswiki.org

Gramínea perenne, cespitosa, con caña de 25-30 cm de alto, ascendente. Su nombre deriva del griego *stupe* (estopa) aludiendo a sus aristas plumosas.



Bromus catarrhicus

Imagen disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Bromus_catharticus

Planta perenne, de uso forrajero, de la familia de las gramíneas. Nombre común “cebadilla criolla”. Alcanza una altura de hasta 1.3 m de alto.





Axonopus sp

Imagen disponible en www.discoverlife.org

Nombre común “pasto argentino”, es una gramínea perenne con rizomas estoloniformes, sus hojas miden entre 20-40 cm de longitud y su caña florar alcanza 50-60 cm. Es un pasto muy apetecido por el ganado.



Piptoquetium sp

Imagen disponible en <http://commons.wikimedia.org>

Planta nativa, perenne, que alcanza de 20-60 cm de altura. Se lo considera un pasto duro, de poco valor forrajero, que crece en suelo gredoso árido preferentemente.



Cynodon dactylon

Imagen disponible en <http://www.conabio.gob.mx>

Hierba perenne, cuyo nombre común en nuestra región es “gramilla”. Alcanza una altura de 10 a 30 cm de alto. Se cultiva y usa como pasto de césped, como forraje, para estabilizar orillas de carreteras y canales.

Eragrostis lugens

Imagen disponible en www.thefullwiki.org

Gramínea perenne del ciclo estival, su nombre común es “paja voladora”, alcanza una altura aproximada de 15-30 cm.



Dischondra repens

Imagen disponible en www.fichas.infojardin.com

Pertenece al tipo de las dicotiledóneas, es perenne y posee hojas verde brillantes, de forma arriñonada. Su nombre común es “oreja de ratón”. Posee entre 5-10 cm de altura.



Melica macra

Imagen disponible en www.gapphotos.com

Vegetación perenne, cuya altura alcanza aproximadamente 1 m de altura. Su nombre común es Paja brava o espartillo.





Stelaria media

Imagen disponible en <http://www.luontoportti.com>

Hierba anual, ascendente o rastrera, cuya altura alcanza entre 5-30 cm. Delicada y débil. Nombre común “yerba del pajarero”.



Cyperus sp

Imagen disponible en <http://es.wikipedia.org>

Planta anual, considerada como maleza o mala hierba, no tolera la sombra pero si altas temperaturas. Se distingue por su tallo en forma triangular. También es conocida con el nombre de “Chufa”.



Lepidium sativum

Imagen disponible en <http://www.luontoportti.com>

Hierba anual, que alcanza una altura entre 20-40 cm, se las suele encontrar en los bordes de los caminos. Su nombre común es “Berro de jardín”. También tiene uso medicinal (activa la circulación) y culinario (hierba aromática utilizada en ensaladas)

Aechmea distichantha

Imagen disponible en <https://es.wikipedia.org>

Planta utilizada generalmente de forma ornamental por su florescencia. El ganado come la inflorescencia y la raíz. Su nombre común es "caraguatá". Su tamaño varía entre 15 cm hasta 1,5 m.



Concluyendo su estudio manifestó: *"Se sugiere que este componente es muy dinámico en el tiempo a pesar de la repetición de las especies en banquetas de las rutas de la provincia, por lo que no hay una misma relación todo el año. Tener en cuenta esto a la hora de evaluar este componente en el área de la accidentología vial"*.

LEYES DE NEWTON

La tarea investigativa de los profesionales entendidos en el área de la Accidentología Vial está muy relacionada con la Física y esencialmente con las Leyes fundamentales de la Dinámica, rama de la Física que estudia el movimiento y las fuerzas que en el mismo intervienen. Según la Dirección General de Tráfico (1991;97) *"Es obvio que en todo accidente interviene un movimiento o conjunción de movimientos, y de ellos resultan una serie de fuerzas que actúan de muy diversas maneras"*.

Veremos a continuación cuales son estas Leyes de la física que intervienen en un accidente de tránsito:

Los Principios o Leyes fundamentales de la Dinámica, formuladas por Isaac Newton (científico inglés), son las siguientes:

A) Principio de Inercia:

Según el primer principio de Newton, un cuerpo en estado de reposo permanece en ese estado, y un cuerpo móvil permanece en movimiento uniforme y rectilíneo, en tanto que ninguna fuerza exterior actúe sobre ellos. *La fuerza de inercia es la resistencia de los cuerpos a cambiar del estado de reposo al de movimiento y viceversa.*

Este principio físico es el que hace que los cuerpos sigan hacia delante, más o menos bruscamente según sea la velocidad de los vehículos, en el caso de una colisión frontal.

Cuando se aplican los frenos, también tienden a irse hacia delante, recargándose el peso sobre los ejes delanteros, a la inversa sucede con una brusca aceleración.

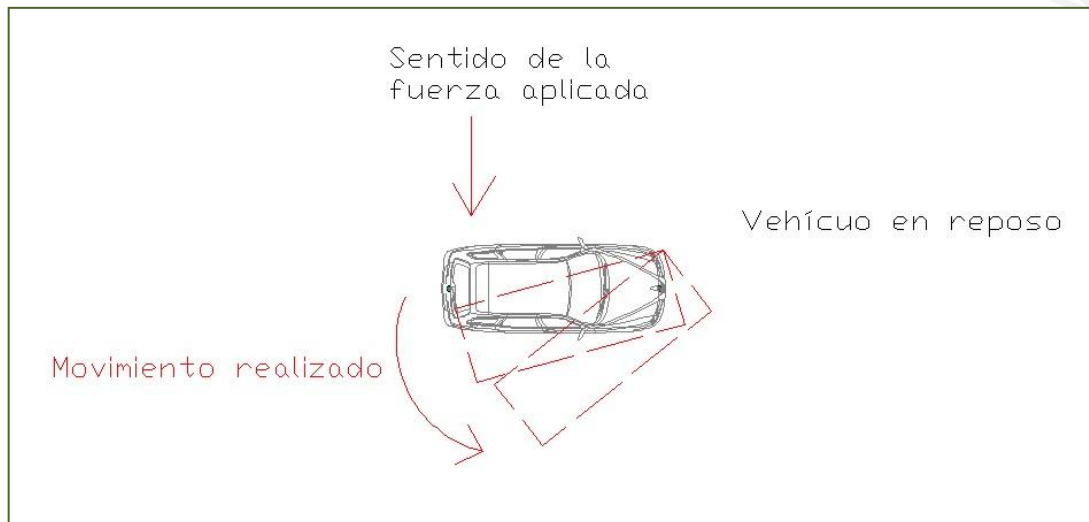
La fuerza de inercia es proporcional a la masa del cuerpo y a su aceleración.

$$F_i = m \times a$$

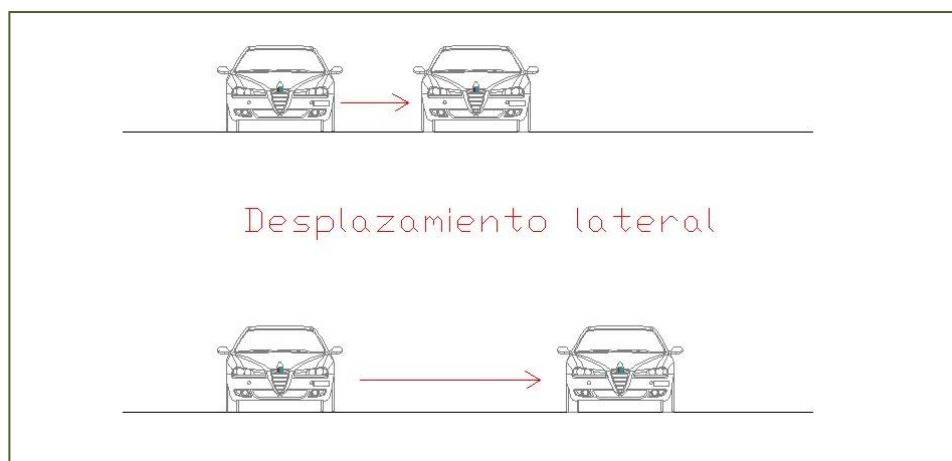
El movimiento de la masa (personas u objetos) que hay dentro del vehículo, alterará igualmente la situación del centro de gravedad desplazándolo adelante o atrás, a la izquierda o la derecha y contribuyendo la inestabilidad del vehículo.

B) Principio de la conservación de la cantidad de movimiento:

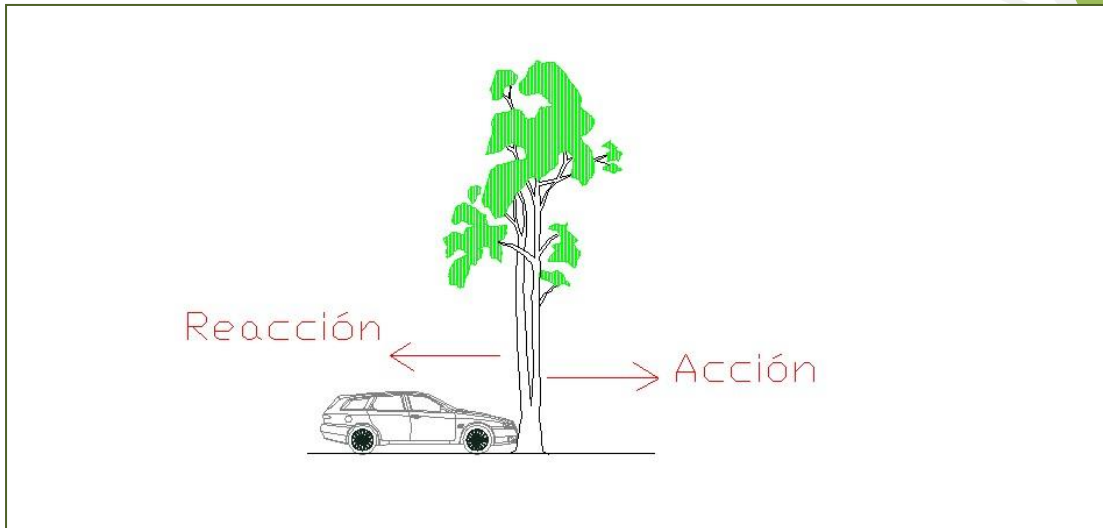
La variación de la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza externa que la produce y tiene lugar en la dirección de la recta según la cual actúa dicha fuerza. Si un vehículo cambia de dirección, no por efecto del giro de las ruedas, sino del impulso de una fuerza externa, podemos averiguar con cierta facilidad la DIRECCIÓN de donde ha procedido la fuerza y su intensidad o impulso.



Si un vehículo ha sido desplazado lateralmente, en sentido perpendicular al de su marcha, podemos afirmar que el impacto se ha producido en dicho mismo sentido del desplazamiento. Si existe un desplazamiento de la parte trasera hacia un lado, podemos averiguar que la dirección de la fuerza ha sido de adelante a atrás y excéntrica respecto al centro de gravedad.



- C) **Principio de acción y reacción:** A toda acción se opone siempre una reacción igual y de sentido contrario. De otro modo: las acciones mutuas entre dos cuerpos siempre son iguales y de sentido contrario.



Esta tercera Ley de Newton tiene una importancia también extraordinaria y está íntimamente ligada a los accidentes de automóvil. Efectivamente, la ley fundamental de la dinámica tiene por expresión la fórmula:

$$F = m \times a$$

Siendo: F= Fuerza
m= masa
a= aceleración

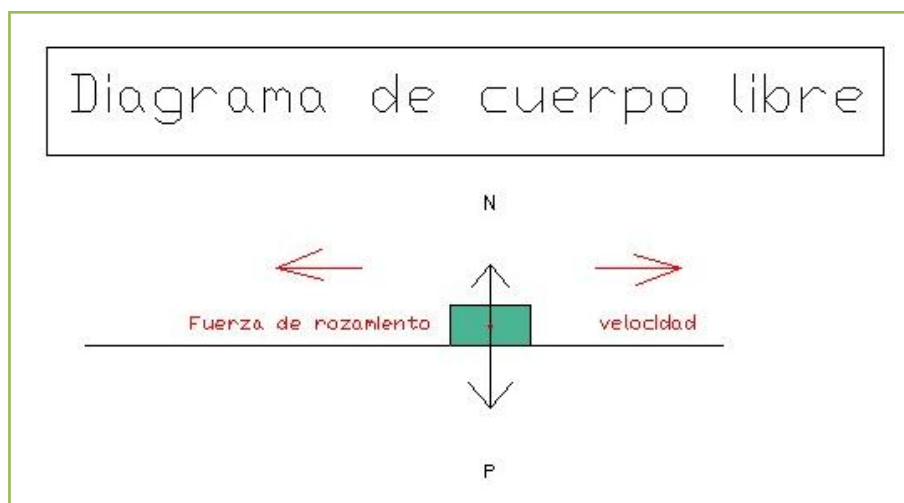
Es decir, que la fuerza que actúa sobre un cuerpo en reposo, es igual a su masa por la aceleración que adquiere dicho cuerpo.

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO:

Como ya hemos visto, en un accidente de tránsito intervienen el vehículo y la vía por donde éste se desplaza. Ahora bien, este contacto vehículo-superficie se concreta al producirse un fenómeno estudiado por la Física, como es el rozamiento. Según el Instituto de Seguridad y Educación Vial (2009;8), lo define como:

"Rozamiento es la resistencia pasiva que obstaculiza o incluso impide el movimiento relativo de dos cuerpos en contacto"
"resistencia pasiva que se opone a la rotación o al resbamiento de un cuerpo sobre otro" *"fuerza que se manifiesta en la superficie de contacto de dos cuerpos, oponiéndose a su desplazamiento relativo, cuando se trata que uno de ellos resbale, gire o ruede sobre otro. Como resistencia pasiva unas veces, como agente transmisor de movimientos otras.*

Dicho en otros términos, diríamos que el rozamiento es la fuerza que produce que se frenen los elementos que se mueven. Según vimos anteriormente los cuerpos se mueven o permanecen en reposo, siempre y cuando no haya una fuerza externa que modifique esta situación, pues de esta manera podríamos decir que el "rozamiento" es esa fuerza que modifica el estado de una partícula, ya que si dicha fuerza no se produjera, el movimiento de la partícula sería eterno. Veamos en la siguiente imagen:



En el dibujo la fuerza de rozamiento apunta al revés que la velocidad, eso significa que la fuerza de rozamiento se opone al movimiento. Si un cuerpo viene moviéndose, la fuerza de rozamiento va a tratar de frenarlo.

Este rozamiento tiene sus leyes, las cuales enunciaremos a continuación:

1º- La fuerza de rozamiento depende del material con el que estén hechas las superficies que están en contacto.

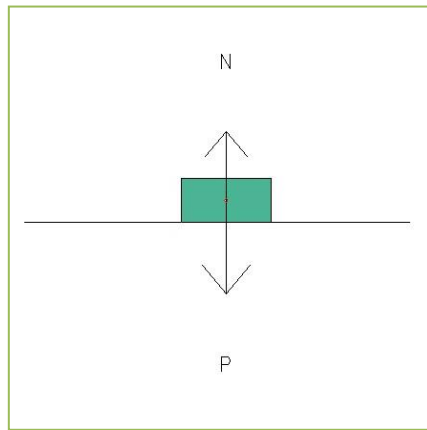
Según esta ley, la condición de las superficies que entran en contacto influye una sobre la otra. Veámoslo en un ejemplo: un automóvil se desplazará más fácil sobre una superficie de hielo que sobre una de hormigón.

2º- El valor de la fuerza de rozamiento no depende del tamaño de la superficie que está apoyada.

En este caso, un automóvil que roza sobre la calzada, no dependerá si lo hace sobre su techo o sobre su lateral, pues el valor de la fuerza de rozamiento será el mismo.

3º- La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza normal que el plano ejerce sobre el cuerpo.

Por medio de esta ley se puede calcular el valor de la fuerza de rozamiento. En ella intervienen varios elementos, entre ellos la normal, denotada comúnmente en física con la letra N, es la reacción que el piso ejerce sobre el cuerpo. Esa reacción es siempre perpendicular al plano de apoyo, por eso se la llama normal, ya que la palabra Normal en física significa perpendicular.



Ahora veremos con atención de que se trata el Coeficiente de fricción. Primeramente debemos conocer que este factor se denota con la letra griega μ (mu) y que su valor generalmente está comprendido entre 0 y 1 y que el mismo es adimensional, es decir carece de unidades. Se distinguen dos tipos, coeficiente estático y coeficiente dinámico, veamos de qué se trata cada uno:

- Coeficiente estático: es aquel que se produce cuando un cuerpo apoyado sobre una superficie, no se mueve debido a la fuerza de fricción. Un ejemplo sencillo de entender es aquel, en que imaginamos una persona ejerciendo una determinada fuerza para mover un placar y éste no se mueve. Allí el mueble no se mueve por la fuerza que ejerce el rozamiento piso-mueble.-
- Coeficiente dinámico: es aquel que se produce cuando un cuerpo ha vencido el coeficiente estático y se encuentra deslizándose o rodando sobre la superficie de contacto. Un ejemplo de ello, es el rozamiento que se produce entre la banda de rodamiento del neumático de un rodado cuando se desliza o rueda sobre el pavimento.

A los fines de poder calcular este coeficiente, se utiliza la siguiente fórmula:

$$f_{\text{ROZ}} = \mu_d \cdot N$$

Dónde: f_{ROZ} = Fuerza de rozamiento
 μ_d = coeficiente de rozamiento dinámico
 N = Fuerza Normal

Haciendo el despeje correspondiente obtenemos la fórmula que nos permite determinar el coeficiente μ :

$$\mu_d = \frac{f_{\text{ROZ}}}{N}$$

Generalmente el valor del coeficiente de rozamiento estático es mayor que el rozamiento dinámico, así también lo expresan Warner C, Smith G, James M. y Germane G.(1983;3): *"En la mayor parte de los pares de materiales, la fricción estática es mucho mayor que la fricción por deslizamiento o por rodamiento, y la fricción por rodamiento, siendo iguales otros aspectos, es la de menor magnitud"*.

Ahora bien, por lo visto anteriormente, se interpreta que el valor del coeficiente de rozamiento depende de varios factores, entre ellos y uno de los más importantes en nuestra investigación es el de las superficies que están en contacto, es decir los neumáticos y el tipo de la calzada.

Para algunos autores el valor del coeficiente de rozamiento varía según la superficie de rozamiento y la velocidad entre otros factores. Por ejemplo según Graciela Berardo (2003:50), *"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"*.-

Así también lo manifiestan Charles Y. Warner, Gregory C. Smith, Michael B. James y Geoff J. Germane (1983:1):

"La determinación de valores apropiados para el coeficiente de fricción constituye un aspecto importante en la reconstrucción de los accidentes. Los valores de la fricción entre los neumáticos y la carretera dependen fuertemente de una variedad de factores físicos. Factores tales como el diseño del neumático, las limitaciones de la fuerza lateral, el grado de humedad de la superficie del camino, la velocidad del vehículo y la carga trasladada, requieren de su conocimiento si se pretende efectuar un cálculo útil de la reconstrucción".

De acuerdo a lo visto en la bibliografía utilizada en este trabajo de investigación, se advirtió que en las tablas estandarizadas de coeficientes de rozamiento utilizan como valor estimativo sobre pasto de 0,50-0,54 según lo expresa López J. (2001). A partir de esta investigación podremos establecer si esos valores se repiten en superficie de pasto seco originario de la región geográfica de la Provincia de Entre Ríos.-

7.7. Valores de referencia del coeficiente de rozamiento

Se enumeran a continuación, en la Tabla 7.2, diversos ejemplos de valores de coeficientes de rozamiento que pueden servir como referencia para ajustar convenientemente los cálculos en determinadas ocasiones concretas.

Nº	Condiciones de la prueba ^a	μ
1	Combinación tractor-trailer descargada con bloqueo	0,51
2	Turismo con bloqueo sobre la misma superficie de "1"	0,74
3	Tractora con frenado parcial delante y bloqueo detrás	0,25
4	Turismo con bloqueo sobre la misma superficie de "3"	0,65
5	Frenada al 100 % sin bloqueo de autobús urbano a 50 km/h	0,70
6	Honda CBR 600 F probada por especialista a 50 km/h	1,40
7	Honda CBR 600 F probada por especialista a 100 km/h	1,30
8	Opel Astra GT a 80 % de su $v_{m\acute{a}x}$ y frenos fríos	0,80
9	Opel Astra GT a 80 % de su $v_{m\acute{a}x}$ y frenos calientes (742 °C)	0,78
10	Porsche 968 ABS a 100 km/h	0,97
11	Porsche 968 ABS a 160 km/h	1,04
12	Seat Ronda 100 con bloqueo delante a 60 km/h	0,85
13	Fiat Punto 75 sin bloqueo a 85 km/h	0,90
14	Alfa 155 sin carga, frenada en curva ($R = 55$ m) a 70 km/h	0,89
15	Alfa 155, id. anterior, amortiguadores al 50 %, discos alabeados	0,67
16	Alfa 155 cargado, frenada en curva ($R = 55$ m) a 70 km/h	0,86
17	Alfa 155, id. anterior, amortiguadores al 50 %, discos alabeados	0,61
18	Neumático y pintura de paso de peatones ^b	0,25
19	Motocicleta sin carenado sobre asfalto	0,32-0,42
20	Motocicleta sin carenado sobre hormigón	0,43-0,58
21	Motocicleta con carenado sobre hormigón	0,33-0,61
22	Camiones pesados sobre hormigón con bloqueo	0,53-0,62
23	Césped seco	0,50-0,54
24	Neumático de turismo sobre barro	0,40-0,55
25	Arena y grava	0,55-0,67
26	Turismo sobre su lateral en hormigón	0,30
27	Turismo sobre su lateral en asfalto	0,40

Tabla 7.2: Valores de referencia del coeficiente de rozamiento.

^aFirme y sistema de frenos en buen estado a no ser que se indique lo contrario
^bLa norma correspondiente, UNE 135-200-94/1 exige un valor superior a 0,45

Imagen extraída del Libro de Juan Alba López (2001;121)

Valor hallado en la bibliografía para Césped Seco

Tabla estándar de coeficientes de rozamiento para algunos tipos de superficies.

Imagen extraída del Libro de Juan Alba López (2001;71)

5.6. Tabla de los coeficientes de rozamiento más habituales

Descripción de la superficie de la carretera	SECA				HÚMEDA			
	$v < 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$		$v > 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$		$v < 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$		$v > 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	
	De	a	De	a	De	a	De	a
Hormigón								
Nuevo, liso	0,80	1,20	0,70	1,00	0,50	0,80	0,40	0,75
Usado	0,60	0,80	0,60	0,75	0,45	0,70	0,45	0,65
Pulido por el tráfico	0,55	0,75	0,50	0,65	0,45	0,65	0,45	0,60
Asfalto o alquitrán								
Nuevo, liso	0,80	1,20	0,65	1,00	0,50	0,80	0,45	0,75
Usado	0,60	0,80	0,55	0,70	0,45	0,70	0,40	0,65
Pulido por el tráfico	0,55	0,75	0,45	0,65	0,45	0,65	0,40	0,60
Con exceso de alquitrán	0,50	0,60	0,35	0,60	0,30	0,60	0,25	0,55
Adoquín								
Nuevo, liso	0,75	0,95	0,60	0,85	0,50	0,75	0,45	0,70
Pulido por el tráfico	0,60	0,80	0,55	0,75	0,40	0,70	0,40	0,60
Piedra compacta								
Nueva, lisa	0,75	1,00	0,70	0,90	0,65	0,90	0,60	0,85
Pulida por el tráfico	0,50	0,70	0,45	0,65	0,30	0,50	0,25	0,50
Grava								
Aplonada, con riego asfáltico	0,55	0,85	0,50	0,80	0,40	0,80	0,40	0,60
Suelta	0,40	0,70	0,40	0,70	0,45	0,75	0,45	0,75
Escorias								
Compactadas	0,50	0,70	0,50	0,70	0,65	0,75	0,65	0,75
Piedra								
Machacada	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75
Hielo								
Liso	0,10	0,25	0,07	0,20	0,05	0,10	0,05	0,10
Nieve								
Compacta	0,30	0,55	0,35	0,55	0,30	0,60	0,30	0,60
Suelta	0,10	0,25	0,10	0,20	0,30	0,60	0,30	0,60
Reja metálica								
Con ramuras	0,70	0,90	0,35	0,75	0,25	0,45	0,20	0,35

Tabla 5.2: Valores orientativos de coeficientes de rozamiento.

Ahora bien, también se puede calcular el valor del coeficiente de rozamiento para una determinada superficie, tomando como base la fórmula para el cálculo de velocidad de un rodado previo al frenado. Para ello veremos primeramente como se compone la fórmula general para calcular velocidad inicial.

FORMULA PARA CALCULAR VELOCIDAD

Existen conceptos básicos relacionados a este cálculo, ellos son: Trabajo, Energía y Rozamiento, observemos en que consiste cada uno:

- ✓ **Trabajo:** En física, se entiende por trabajo a la cantidad de fuerza multiplicada por la distancia que recorre dicha fuerza. Así también lo

define Cutberto Flores Cervantes (1994;134): "**Trabajo**: Es el gasto de una fuerza a lo largo de una distancia".

Se debe tener en cuenta también que la dirección de la fuerza puede o no coincidir con la dirección sobre la cual se está moviendo el cuerpo. Si no coinciden se deberá tener presente el ángulo que forman estas dos direcciones, por lo cual se define al trabajo: como el producto de la magnitud de la fuerza F por el desplazamiento d y el cos θ en la dirección de la fuerza.

$$T \equiv F \cdot d \cdot \cos \theta$$

En nuestro estudio la línea de acción de la fuerza es paralela al desplazamiento del móvil, por lo que $\cos \theta = 1$.

- ✓ **Energía**: podemos decir que es la capacidad para producir movimiento. Así también lo define Cutberto Flores Cervantes (1994;134): "Es la propiedad de un cuerpo por la cual puede realizar trabajo".

La energía puede existir en diversas formas y puede transformarse de una forma a otra. Según la Ley de conservación de la energía que propuso Antoine Lavoisier, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

La energía que posee un cuerpo en virtud de su movimiento se llama energía cinética (E_c) y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Dónde: E_c = Energía cinética

m = masa del objeto

v^2 = velocidad del objeto elevada al cuadrado

La energía cinética de un cuerpo móvil puede medirse por el trabajo que realizaría al pasar al estado de reposo, o por el trabajo que fue necesario realizar inicialmente para comunicarle la velocidad, en circunstancias en las cuales el trabajo no podía pasar a Energía Potencial.

Así tenemos que:

$$T = Ec$$

$$F \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (I)$$

✓ **Rozamiento:** como ya hemos visto, el rozamiento es la energía que se opone al movimiento de un objeto. La fuerza de resistencia por rozamiento depende de las propiedades de las superficies y de la fuerza que las mantiene en contacto. Se representa mediante la siguiente fórmula:

$$F_f = \mu \cdot N$$

✓ **Coefficiente de rozamiento (μ).** Es el cociente entre la fuerza de fricción (F_f) y la fuerza normal (N) que aprieta una superficie contra otra, cuando un cuerpo se mueve sobre otro con movimiento uniforme.

$$\mu = \frac{F_f}{N}$$

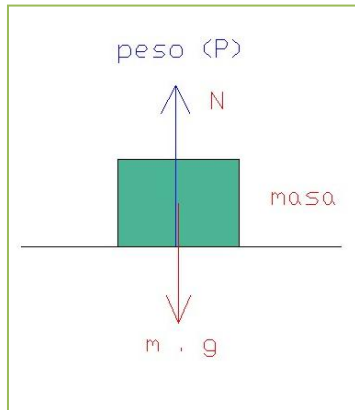
Ahora bien, obtuvimos la ecuación (I):

$$F_f \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Sustituyendo la fuerza de fricción en la ecuación (I) obtenemos la siguiente fórmula:

$$\mu \cdot N \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (II)$$

Por otra parte, sabemos que la fuerza del peso del objeto es igual a la fuerza de la reacción normal del piso y además que peso es igual a la masa (m) por la aceleración de la gravedad (g). Así queda planteada la ecuación



$$N = w = m \cdot g \quad (III)$$

Sustituyendo la ecuación (III) en la (II) tenemos la siguiente fórmula:

$$\mu \cdot m \cdot g \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

En la ecuación anterior vemos que m se encuentra en ambos términos de la ecuación, por lo que podemos eliminarla, y proceder al despeje de la velocidad resultando la ecuación final:

$$V = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d}$$

Donde:

2 = Constante.

g = Aceleración de la Gravedad.

μ = Coeficiente de Rozamiento.

d = Distancia recorrida.

Esta ecuación permite conocer la velocidad a partir de dos datos: el coeficiente de rozamiento y la longitud de la huella de frenado.

DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO A PARTIR DE LA FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE VELOCIDAD:

Como ya hemos dicho el coeficiente de rozamiento es un valor adimensional asignado a cada tipo de calzada, que generalmente varía entre 0 y 1 y en el caso de nuestra investigación es el dato incógnita que pretendemos dilucidar a partir de los ensayos que se realizaron, ya que en los mismos al controlar la velocidad inicial, podemos despejar de la fórmula general el coeficiente (μ) por lo que dicha fórmula sería:

$$V_i^2 = 2 \cdot g \cdot \mu \cdot d$$



Despejando el μ , obtenemos:

Fórmula matemática para calcular el coeficiente de rozamiento

$$\mu = \frac{v_i^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

Antecedentes

Se halló un trabajo de investigación realizado en Nueva Zelanda, donde sus autores Peter D. Cenek, Neil J. Jamieson y Maurice W. Mc Larin(2005), estudiaron las características friccionales de los tipos de hierba del borde de la ruta.

Dicha investigación consistió en la realización de pruebas de frenado con rueda bloqueada sobre tres tipos de césped diferentes: White clover (trébol blanco), long rye grass (pasto alto) y short rye grass (pasto corto).

Las pruebas se realizaron con un automóvil Hyundai Sonata, equipado con un acelerómetro Vericom VC2000.

Como resultado se obtuvo que una superficie compuesta por césped tipo white clover (trébol blanco) seco proporciona una fricción de frenado 60 % superior que una compuesta por rye grass. Para una velocidad inicial de frenado de 40 km/h, esto equivale a una distancia de frenado de alrededor de 13 metros. Con este resultado se interpreta que los tipos de hierbas influyen sobre el frenado del vehículo.-

Por otra parte, se halló una tesina realizada por el Licenciado en Criminalística Nicolás Emanuel Alvea (2008) de la Provincia de Mendoza, Argentina, quien realizó un trabajo investigativo sobre "*la influencia del peso en la huella de frenado*", en dicha tesina concluyó, luego de haber realizado sendas pruebas de frenado con una Camioneta Ford Ranchero modelo 1988, en la cual cargaron peso primeramente de 100 kgf, luego 210 kgf y por último 310 kgf, que "*Existen diferencias significativas entre las huellas de frenada realizadas sin carga alguna y con carga*", es decir se interpreta que el peso en el vehículo que frena está influenciado por la carga que transporta al momento del proceso de frenado, evidenciándose ello, en la longitud de la huella, a la misma velocidad de circulación, el vehículo de mayor peso dejará estampada una huella de mayor longitud que el vehículo de menor peso.-

CAPITULO III: Marco metodológico

Material y equipo

Para el presente trabajo investigativo, se utilizaron los siguientes elementos:

- ✓ un odómetro de una sola rueda para medir distancia
- ✓ un telémetro digital marca LEIKA modelo Disto D3a, para medir la pendiente del terreno.
- ✓ Una tablilla con planillas de anotación, para recabar los datos obtenidos por cada vehículo.

- ✓ Un GPS marca Garmin Nuvi 250, para controlar la aceleración del vehículo.
- ✓ Una cámara fotográfica marca KODAK de 14 megapixels.
- ✓ Una cámara fotográfica marca Sony de 12 megapixels.
- ✓ Un video filmador marca Sony, con trípode.
- ✓ Fichas de acrílico, para marcar indicios sobre el pasto.
- ✓ Dos conos refractarios, para demarcar la zona del inicio del frenado.
- ✓ Chalecos refractarios para identificar a los integrantes del equipo de trabajo de campo
- ✓ Y además se contó con 10 automóviles de variadas marcas los cuales se detallan en la siguiente tabla y cuyas fichas técnicas se encuentran en el Anexo II:

VEHICULO	DOMINIO	MASA DEL VEHICULO MÁS OCU-PANTES	TIPO DE FRENOS	SECTOR DE PRUEBA
Renault Sandero Stepway	KOX-250	1172 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	1°
Renault 19	DBT-406	1263 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	2°
Renault Megane	GZI-357	1372 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	3°
Renault Clio	BXA-919	1169 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	4°
Volkswagen Polo	EAN-344	1315 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	5°
Renault Clio	FIL- 514	1351 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	6°
Renault Clio 2	DRY-176	1185 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	7°

Fiat Uno Sporting	LRS-825	1105 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	8°
Volkswagen Suran	LEG- 968	1304 Kg	Delantero: Disco Trasero: Tambor	9°
Honda Civic	EOR- 778	1315	Delantero: Disco Trasero: Tambor	10°

Sitio de pruebas:

Para la realización del presente trabajo investigativo, requeríamos para los ensayos una superficie compuesta de pasto, en condiciones seco y sin pendiente. En virtud de ello, se procedió a solicitar la correspondiente autorización al Presidente del Aeroclub Ciudad de Paraná el Sr. Diego Martínez, quien accedió gentilmente al pedido.



AEROCLUB CIUDAD DE PARANÁ (VISTA SATELITAL)

Dicho predio está situado en Ruta Nacional N° 12, Km 18, Localidad de Sauce Montrul. Consta de dos pistas para aterrizaje de avionetas, las

mismas están constituidas de pasto corto y una pista con superficie de asfalto, destinada al uso de aviones de aeromodelismo.

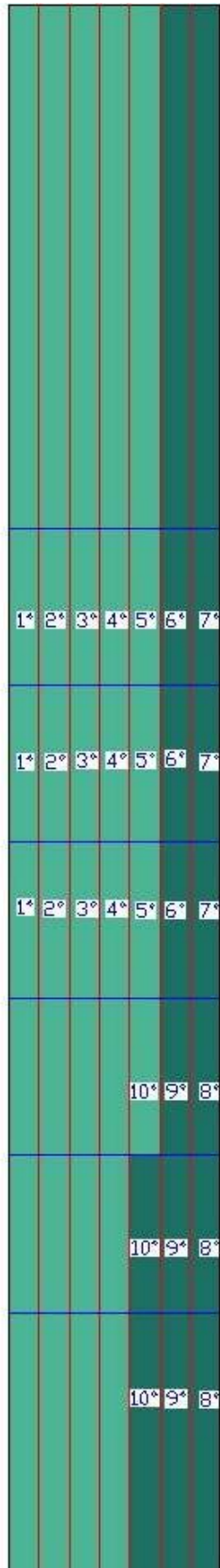
Luego de recorrer el predio se seleccionó para la realización de las pruebas el sector aledaño a ambas pistas, en virtud de que no poseía pendiente ascendente ni descendente, comprobado mediante el equipo de medición adecuado, siendo el mismo un telémetro digital marca Leica, modelo Disto D3a, que mediante la emisión de un rayo láser es capaz de medir la pendiente sobre la cual se halla depositado. Cabe aclarar que la selección de la superficie fue sin pendiente en virtud de que el ángulo de la misma influye en el cálculo de velocidad (Alba Lopez;2001), entonces para simplificarlo se decidió desestimar la misma, utilizando una superficie horizontal.

El sector señalado posee una orientación Noreste-Suroeste, cuya dimensión total consta de 300 metros de largo por 40 metros de ancho.

Imagen obtenida de google earth



MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FRENADAS SEGÚN LA CONDICIÓN DEL PASTO



Sector inicial de arranque, para regular velocidad hasta 60 km/h.

Sector de frenadas. Se identifican con los números a cada vehículo utilizado, quienes repitieron la misma prueba 3 veces.

Según la coloración cambia la condición del pasto:

Verde claro: Pasto Medio

Verde oscuro: Pasto Tupido

A continuación haremos una descripción de la condición del pasto en el sector utilizado, pues se reconocieron dos características especiales teniendo en cuenta la cobertura del terreno, veamos:

- **PASTO "MEDIO"**: caracterizado por la poca cobertura de la tierra. Se observa que la vegetación permite la visualización de la tierra por debajo de ella.



Fotografía tomada en el lugar y día de las pruebas experimentales

- **PASTO "TUPIDO"**: como puede observarse en la fotografía ilustrativa, se caracteriza por una amplia cobertura de la tierra. La visualización de la tierra por debajo de ella no es tan notoria.



Fotografía tomada en el lugar y día de las pruebas experimentales

Diseño de investigación:

El trabajo de investigación es de tipo analítico experimental, ya que si bien hay libros que tratan la temática, el dato que motiva esta investigación no ha sido investigado anteriormente, ya que se ha observado de la bibliografía que se utiliza en este trabajo que el mismo es escaso.-

Para obtener el coeficiente de rozamiento dinámico sobre la superficie de pasto seco, necesitamos contar con una cantidad satisfactoria de huellas de frenada a fin de obtener a través de los correspondientes cálculos físicos matemáticos, el valor del coeficiente de rozamiento dinámico. A tal fin y para circunscribir nuestra muestra elegimos Automóviles de la gama de los turismos, dentro de ellos, elegimos diez automóviles, los cuales se caracterizaron por poseer una masa, según ficha técnica, entre 900 kg y 1300 kg, así también dotados con frenos convencionales delanteros con

zapatas ventiladas y traseros a tambor. La muestra por cada vehículo fue de tres frenadas, haciendo en total una muestra de treinta (30) frenadas.

Según la inferencia estadística, esta cantidad de muestra nos aseguran resultados significativos. Así lo expresan Ronald Walpole, Raymond Myers y Sharon Myers (1998;244) *“Para muestras pequeñas que se seleccionan de poblaciones no normales, no podemos esperar que nuestro grado de confianza sea preciso. Sin embargo, para muestras de tamaño $n \geq 30$, sin importar la forma de la mayor parte de las poblaciones, la teoría de muestreo garantiza buenos resultados”*.

Seguidamente y como inicio de la parte experimental, el día domingo 25 de Noviembre del 2012, se realizaron las pruebas de frenado. Las mismas se repitieron 3 veces por cada automóvil, sobre la superficie de pasto, a una velocidad aproximada de 60 km/h; se utilizaron en total 10 automóviles de variadas marcas, dotados de frenos hidráulicos convencionales (zapatas y tambores) y con una masa total comprendida entre los 1100 y 1400 kg (masa del vehículo según fichas técnicas, del conductor y acompañante).-

- Las pruebas se realizaron con luz de día, comenzando con las primeras a las 10:40 horas, con temperatura ambiente que promedió los 24°C, sobre pasto seco, de similares características al existente sobre las banquetas que bordean las rutas entrerrianas.
- A tal fin se estableció un protocolo de actuación para todos los conductores el cual consistió en los siguientes pasos:

1	<i>El conductor y su acompañante debían subir a su vehículo, colocarse el cinturón de seguridad y luego dar arranque al motor</i>
---	---

2	<i>Iniciar la marcha desde el estado de reposo</i>
3	<i>Acelerar hasta la velocidad de 60 km/h y estabilizar la marcha en dicha velocidad, para ello se instaló en el vehículo un dispositivo de posicionamiento global (GPS-Garmin Nuvi 250) para controlar la velocidad por medio de su acelerómetro</i>
4	<i>Al llegar a la posición de los Conos, accionar el pedal de freno y embriague a la vez, simulando una frenada "Stop panic", mantener la dirección recta</i>
5	<i>Una vez detenido totalmente el vehículo, colocar freno de estacionamiento, apagar el motor y descender del automóvil</i>

Luego del proceso de frenado, se procedió a su oportuno relevamiento planimétrico y fotográfico.

Se midió la distancia longitudinal de la huella de frenada desde el comienzo del bloqueo de los neumáticos hasta la rueda delantera.

PRUEBAS PRELIMINARES

A fin de establecer cuál era el comienzo de la frenada con bloqueo de neumáticos, se realizaron pruebas previas, en las cuales se evidenció que sobre la superficie de pasto, al bloquear los neumáticos, se producía un "arrancamiento" de pastos y se visualizaba una porción de tierra como puede apreciarse en las fotografías que se exhiben a continuación, las cuales fueron tomadas en forma directa en el lugar de las pruebas:



Renault Sandero
Stepway



Renault Clio, dominio DRY-176





Fiat Uno Sporting, dominio LRS-825



En nuestra investigación, advertimos que, por el tipo de superficie, no existe el espacio de “huella no patentada”, pues desde el mismo momento del bloqueo de los neumáticos, las huellas aparecen visible sin dificultad; incluso se visualizó que antes del bloqueo mismo las marcas de los neumáticos son muy observables y se caracterizan por un aplastamiento del pasto y su posterior ennegrecimiento.

Ante ello, y al poder advertir el momento del bloqueo con la característica del pasto arrancado, descrito anteriormente e ilustrado con fotografías, se pudo tomar la longitud total de la huella desde su comienzo hasta su fin debajo de las ruedas delanteras.

Luego del relevamiento métrico de las huellas, se procedió a su fotografiado, comenzando la secuencia desde el inicio del bloqueo hasta su finalización y en sentido inverso, para mejor ilustración de las huellas. A continuación mostramos lo antes mencionado:



En la fotografía se observa el automóvil Volkswagen Suran, utilizado en las pruebas. Se grafica el comienzo de la huella, desde la zona de conos.



Fotografías que grafican el recorrido de la huella hasta el final del recorrido





Fotografía que grafica el sentido inverso de la huella desde el punto final hacia el punto inicial, demarcado por los conos

CAPITULO IV**Resultados y discusión**

A continuación se detallarán los datos obtenidos en la experiencia de campo.-

Orden de prueba	Vehículos	dominio	Condición del pasto	Velocidad en m/s	Distancia en metros	Coefficientes obtenidos
1°	Renault Sandero Stepway	KOX-250	Medio	15,91	24,60	0,52
2°	*	*	Medio	15,77	25,30	0,50
3°	*	*	Medio	15,80	20,40	0,62
1°	Renault 19	DBT-406	Medio	15,11	27,50	0,42
2°			Medio	14,44	24,30	0,44
3°			Medio	16,66	24,80	0,57
1°	Renault Megane	GZI-357	Medio	15,47	22,10	0,55
2°			Medio	16,80	27,90	0,51
3°			Medio	16,88	25,20	0,58
1°	Renault Clio	BXA-919	Medio	16,61	27,70	0,51
2°			Medio	16,66	27,80	0,51
3°			Medio	16,66	24,80	0,57
1°	Volkswagen Polo	EAN-344	Medio	16,38	28,70	0,48
2°			Medio	16,66	24,90	0,57
3°			Medio	16,66	23,00	0,61
1°	Renault Clio	FIL-514	Tupido	15,05	18,90	0,61
2°			Tupido	16,38	24,60	0,55

3°			Tupido	17,22	27,80	0,54
1°	Renault Clio 2	DRY-176	Tupido	18,05	34,50	0,48
2°			Tupido	17,50	27,90	0,56
3°			Tupido	17,50	24,50	0,64
1°	Fiat Uno	LRS-825	Tupido	15,52	23,20	0,53
2°			Tupido	16,66	23,70	0,60
3°			Tupido	17,25	20,60	0,74
1°	Volkswagen Suran	LEG-968	Tupido	17,25	22,70	0,67
2°			Tupido	15,11	23,70	0,49
3°			Tupido	16,69	24,50	0,58
1°	Honda Civic	EOR-778	Medio	16,66	17,50	0,80
2°			Tupido	15,77	21,40	0,59
3°			Tupido	15,11	26,90	0,43

Haciendo un estudio de estadística descriptiva en cuanto a los valores de coeficientes (μ) hallados en la experiencia, obtuvimos la siguiente información:

✓ **Medidas de tendencia central del Coeficiente μ .**

Media: el coeficiente (μ) promedio obtenidos de las 30 muestras es de 0,56

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{30} = 0,56$$

Mediana: se observa que el 50% de los coeficientes fueron inferiores a 0,55 y el otro 50% fue de más de 0,55



$$\tilde{x} = \frac{\frac{x_n}{2} + \frac{x_{n+2}}{2}}{2} = 0,55$$

Moda: el coeficiente de rozamiento que más se repite es 0,57.

✓ **Medidas de variabilidad del Coeficiente μ .**

Varianza: los datos tienen una varianza de 0,0067

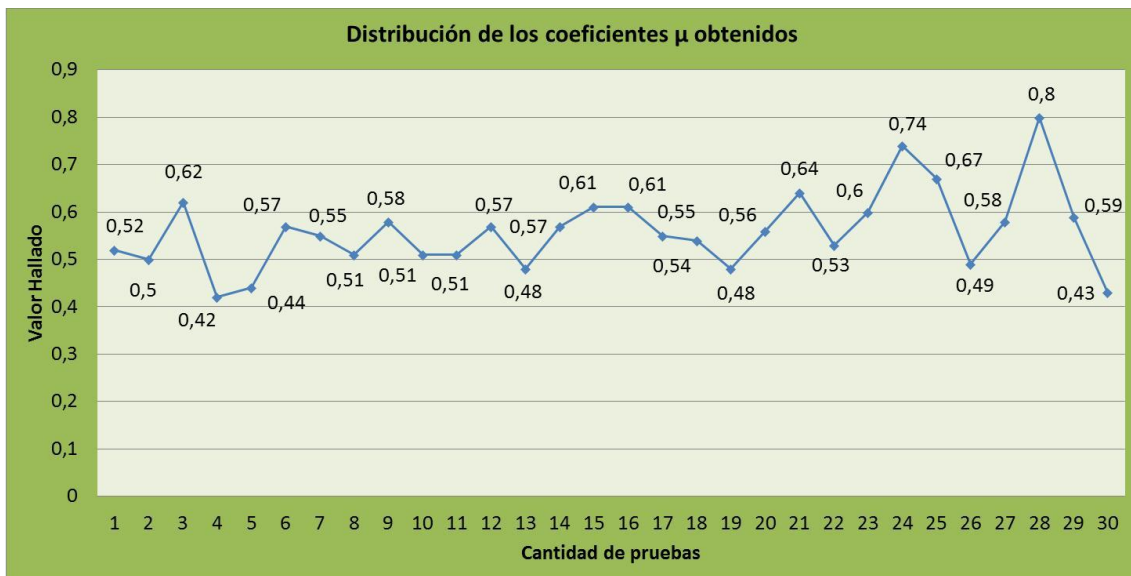
$$s^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1} = 0,0067$$

Desviación estándar: los datos tienen una dispersión de 0,084

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0,084$$

Coeficiente de variación: los datos se dispersan en un 15,02%

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = 15,02\%$$



Con los datos estadísticos descriptos podemos deducir que el coeficiente promedio obtenido ha sido de 0,56; teniendo en cuenta la desviación estándar de la muestra determinamos que el coeficiente promedio obtenido varía entre 0,48 y 0,64. Ahora bien, haciendo un análisis más profundo sobre esta variación podríamos determinar algunas variables para tener en cuenta al momento de querer utilizar uno u otro valor. Veamos en la siguiente tabla cuales son:

Masa	Longitud de huella de frenada	Condición del pasto	μ obtenido	μ Promedio	Masa	Longitud de huella de frenada	Condición del pasto	μ obtenido
1172	24.6	Medio	0.52	0.56	1172	20.4	Medio	0.62
1172	25.3	Medio	0.50		1263	24.8	Medio	0.57
1263	27.5	Medio	0.42		1372	25.2	Medio	0.58
1263	24.3	Medio	0.44		1169	24.8	Medio	0.57
1372	22.1	Medio	0.55		1315	24.9	Medio	0.57
1372	27.9	Medio	0.51		1315	23.0	Medio	0.61
1169	27.7	Medio	0.51		1351	18.9	Tupido	0.61
1169	27.8	Medio	0.51		1185	27.9	Tupido	0.56
1315	28.7	Medio	0.48		1185	24.5	Tupido	0.64
1351	24.6	Tupido	0.55		1105	23.7	Tupido	0.60
1351	27.8	Tupido	0.54		1105	20.6	Tupido	0.74
1185	34.5	Tupido	0.48		1304	22.7	Tupido	0.67
1105	23.2	Tupido	0.53		1404	24.5	Tupido	0.58
1304	23.7	Tupido	0.49		1315	17.5	Medio	0.80
1315	26.9	Tupido	0.43		1315	21.4	Tupido	0.59
1258.5 kg	26.44 metros	60%- Medio	0.50	Promedio	1258.3 kg	22.98 metros	53 % - Tupido	0.62

Para mayor interpretación de la tabla que antecede, aclararemos que la misma se confeccionó tomando como referencia el valor promedio del coeficiente de rozamiento obtenido de la prueba experimental. Luego hemos agrupado los valores inferiores al promedio y superiores a éste, es decir, a la izquierda los valores de coeficiente μ inferiores a 0.56 y a la derecha los valores superiores a 0.56. Por otra parte a cada coeficiente μ , se añadió los valores de "masa total del vehículo", "longitud de la huella de frenada obtenida" y la "condición del pasto sobre la cual quedó estampada la huella" correspondiente.

Al realizar una lectura de dicho cuadro podemos deducir algunas cuestiones; tomando como referencia el coeficiente de rozamiento μ promedio obtenido en el ensayo y haciendo una comparación entre los valores inferiores y superiores a aquel, hemos observado que:

- ✓ el coeficiente (μ) fue más bajo cuando el peso del vehículo es mayor, observar que: para $\mu=0.50$ el peso promedio fue de 1258.5 kg; en tanto que para $\mu= 0.62$ el peso promedio fue de 1258.3 kg.



- ✓ por otra parte el coeficiente (μ) fue más bajo cuando la huella de frenada fue más larga, observar que: para $\mu= 0.5$ la huella promedio fue de 26,44 mts y para $\mu=0.62$ la huella promedio fue de 22.98 mts.



Hemos visto en los antecedentes expuestos al principio de este trabajo de investigación, que el peso en un vehículo influye en la longitud de la huella de frenada, en nuestro experimento no hemos podido corroborar que la masa del vehículo haya sido una influencia significativa, ya que la variación del peso en la muestra utilizada no fue tan grande. Observar que para una huella larga (26,44 mt) la masa fue de 1258,5 Kg. y para una huella corta (22,98 mt) la masa fue de 1258,3 Kg., la diferencia de 200 gramos entre ambas masas es despreciable. No obstante ello, podría ser un punto de partida para una futura investigación determinar si el peso de un vehículo influye en la longitud de la huella de frenada sobre pasto o si por el contrario se mantienen las características halladas en el presente trabajo.

- ✓ Por último observamos que el coeficiente μ , fue más bajo cuando la cobertura de la superficie fue "media", obsérvese en la tabla

de referencia que para un coeficiente de valor 0.50, la cobertura vegetal fue del 60% para un pasto de cobertura media, en tanto que para un coeficiente de valor 0.62, el 53% fue de cobertura "tupida".-



Haciendo una integración de las variables adoptadas que influyen en este trabajo como son la condición del pasto, la longitud de la huella y la masa del vehículo, podemos deducir las siguientes premisas:

- El coeficiente μ se vio reducido cuando la huella de frenada fue más larga y cuando la condición del pasto fue "media". Respecto de la influencia de la masa del vehículo, la misma no fue significativa ni determinante, pero la misma no se descarta en virtud de que la variación de la masa en esta investigación no fue muy grande.
- El coeficiente μ se vio aumentado cuando la huella de frenada fue más corta y cuando la condición del pasto fue "tupida". Respecto de la influencia de la masa del vehículo, la misma no

fue significativa ni determinante y como en el caso anterior no se descarta.-

Como inquietud de la presente pesquisa, se podría investigar si la variación del coeficiente de rozamiento dinámico sobre superficie de pasto seco, puede ser atribuida a la masa o peso del rodado, ya que en este caso no se pudo establecer fehacientemente.-

También se podría investigar cómo las condiciones del pasto mojado influyen sobre el coeficiente μ , a los fines de poder determinar un valor determinado para esta condición del suelo.

Así también se podría investigar, si los valores hallados aquí, discrepan demasiado de aquellos que son producidos en la misma superficie por vehículos dotados con el dispositivo ABS.

CONCLUSIÓN:

Como objetivo principal de esta investigación, nos preguntamos ¿Cuál debe ser el valor del coeficiente de rozamiento dinámico utilizado para calcular velocidad, cuando la frenada de automóviles dotados con frenos convencionales (pastillas y tambor) ha sido sobre superficie de pasto seco, oriundo de la región del departamento Paraná- Entre Ríos- Argentina?

Tras realizar la prueba experimental, utilizando diez automóviles distintos, realizando en total 30 frenadas a una velocidad promedio de 16,34 m/s, equivalente a 59 km/h, sobre pasto seco, se pudo observar que el coeficiente μ tiene un valor promedio de 0,56 pudiendo desviarse ese valor desde 0,47 a 0,63, por lo que se infiere que los valores hallados en la bibliografía de 0,50-0,54, se encuentran dentro de los valores posibles para este tipo de superficie.-

Se evidenció que la huella de frenada comienza al observarse un "arrancamiento" del pasto, vinculado al momento del bloqueo de los frenos convencionales producidos por una frenada de pánico. Que dicha huella es más extensa en superficies de pasto con cobertura "media", en tanto que a la misma velocidad resultaron de menor longitud si las mismas se plasmaban sobre una superficie cubierta con pasto "tupido", con esta característica descrita, se advierte que la condición del pasto, en cuanto a su cobertura, influyó sobre la longitud de la huella de frenado y consecuentemente sobre la determinación del coeficiente de rozamiento.

A los fines de adoptar el valor promedio del coeficiente obtenido o uno más bajo o más alto que aquel, se podrá tener en cuenta la variable de la condición del pasto por sobre el cual se plasmaron las huellas de frenada, teniendo en cuenta además, de acuerdo a lo informado por la Srta. María Paula Bressan, estudiante de Ingeniería Agrónoma, que las características

del pasto varían de acuerdo a la época del año y el ciclo de vida propio de la vegetación reinante.

ANEXO 1

INFORME SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PASTO

INFORME REALIZADO POR LA ESTUDIANTE DE
INGENIERÍA AGRÓNOMA MARIA PAULA BRESSAN.



María Paula Bressan

María Paula Bressan

Estudiante de la Carrera
Ingeniería Agrónoma

Facultad de Ciencias
Agropecuarias de la
Universidad Nacional de
Entre Ríos



Introducción

El ser humano interactúa con el medio ambiente todo el tiempo, para poder vivir. A partir de un desarrollo poblacional, social, productivo, tecnológico que va transitando, el medio ambiente puede ser medio para el desarrollo. Numerosos trabajos demuestran el impacto en poblaciones animales y vegetales a partir prácticas antrópicas que no siempre favorecen la sustentabilidad de los sistemas ni el equilibrio biológico.

El hombre convive con sistemas naturales. En medio de ellos y a través de los mismos se manifiestan características propias de la organización social en la que está inserto, como el movimiento vial, y la urbanización, unión de puntos urbanos, que se establecen a través de la vegetación nativa.

En la provincia de Entre Ríos el desarrollo vial, tuvo lugar en medio de un característico pastizal natural compuesto predominantemente por especies de gramíneas, leguminosas y ciperáceas. Hay aspectos morfológicos y fisiológicos y cambios estacionales y por factores climáticos a pesar de que estos espacios no son intervenidos por el hombre ni por los animales regularmente, luego del establecimiento de un acceso vial. Este dinamismo natural modifica el tapiz a lo largo del año.

Caracterización de pastizales en la provincia de Entre Ríos

Según la clasificación de las provincias fitogeográficas (Cabrera 1976), Entre Ríos comprende tres de ellas: dentro del dominio Amazónico la provincia paranaense las selvas en galería que bordean a los arroyos y ríos, las islas y el delta del río Paraná y las islas del [río Uruguay](#). Dos provincias fitogeográficas del dominio Chaqueño se distribuyen por el territorio entrerriano: la [provincia fitogeográfica del Espinal](#) (mitad norte de Entre Ríos) que comprende dos subdistritos: selva de Montiel (distrito Ñandubay) y Tala (Distrito Algarrobo) y la [provincia fitogeográfica Pampeana](#) (parte sur

de Entre Ríos fuera del dominio Amazónico) que forma el [distrito fitogeográfico Uruguayense](#).

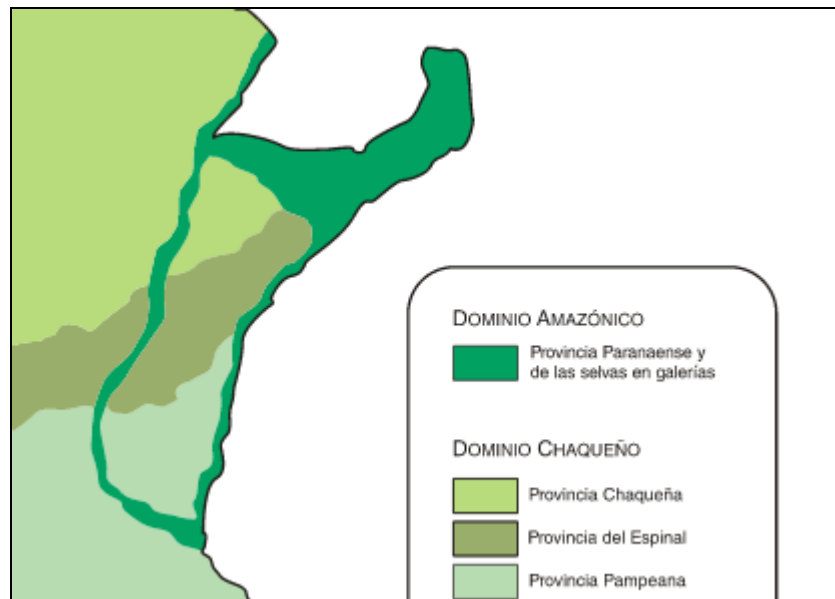


Figura 1: Fitogeografía de Entre Ríos. Dominios y Provincias

El recurso pastizales naturales, presenta un gran heterogeneidad, la cual surge de la combinación de los factores del ambiente, tales como suelo, clima, topografía, presencia o ausencia de monte, especies nativas adaptadas, etc. Principalmente las lluvias volumen y distribución) y temperaturas tiene una influencia notoria en el rebrote de las especies (Pueyo, et .al)

Existe un dinamismo en el tiempo de las especies conforme a su ciclo de vida, y a la tasa de crecimiento de las mismas, determinando el tapiz en las distintas estaciones del año.

Los pastizales naturales se caracterizan por la estabilidad en el tiempo y la capacidad de recuperación, aun en situaciones de estrés como sequía.

A pesar de la perennidad de la especie, La adaptación que presentan, les confiere una ventaja de prevalecer, y gracias al banco de semillas presente en el suelo, producto de la exitosa etapa reproductiva y dispersión natural de semillas que permite contar en el suelo con una reserva rica de semillas, afectando la dinámica poblacional en función de la flora potencial, la dormición de las semillas, y las condiciones necesarias para germinación. Además ante una adversidad, por ejemplo un incendio, hay especies específicas regeneradoras, en primera instancia, del tapiz para luego dar paso, por cambios ecológicos, a la posibilidad de germinación de otras especies distintas a las anteriores, estableciéndose etapas que tienen importancia desde el punto de vista de composición florística.

Cambios estacionales en el pastizal

Según el ciclo de crecimiento, las especies pueden ser otoño-invierno-primaverales, donde el pico de producción es en primavera, o bien primavero-estivo otoñales. Las curvas de producción de biomasa de las especies demuestran este patrón de comportamiento, dinámico en el tiempo. La conciencia de estos cambios estacionales típicos, la composición florística, la dinámica de biomasa, y las condiciones ambientales que predominan se traducen en una condición específica del pastizal conforme al espacio y al tiempo en que se desarrolla.

Como el pastizal natural a la vera de las rutas no es intervenido por animales desde el punto de vista forrajero, las especies siguen su ritmo natural según ciclo de vida y tasa de crecimiento. Cumpliendo una etapa vegetativa y otra reproductiva, sujeta a cambios morfológicos, fisiológicos y estructurales que generan cambios en el tapiz también en cuanto a estructura, volumen, y altura del mismo.

En gramíneas, familia botánica predominante en los pastizales naturales, el avance del estado reproductivo se evidencia con la elongación

del tallo y la producción de inflorescencias. Estos cambios morfológicos están asociados a cambios químicos en las plantas, ya que aumenta la proporción de pared celular, otorgando mas rigidez, dureza, y firmeza.

Dentro del período vegetativo, en etapa de macollaje (gramíneas) se producen vástagos a partir del principal, que luego serán plantas independientes, de esta manera el suelo se va cubriendo, y las plantas no crecen en altura. Luego comienza a decaer la producción de macollos para priorizar la elongación de entrenudos (hay crecimiento en altura y fortalecimiento de la caña, mayor rigidez), llegando a su mínimo nivel cuando las plantas están espigadas o al final de la floración. Luego de la formación de semilla, la planta comienza a senescer, o se puede activar el macollaje, dependiendo del ciclo de la planta.

Las especies pueden ser anuales o perennes, en el primer caso cumplen su ciclo de vida en un año, en el segundo caso, necesitan mas de un año para cumplir su ciclo de vida.

Factores ambientales

El volumen de agua y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y la calidad de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos. Tanto el exceso como el déficit de precipitaciones pueden provocar estrés.

Los factores abióticos como las precipitaciones, la temperatura, heladas, la radiación ejercen distintos efectos según las especie que se trate, beneficiando o perjudicando su desarrollo o permanencia en el tapiz.

También hay especies más agresivas e invasoras, por características morfológicas como el sistema radicular, aspectos reproductivos y sombreado que modifican la composición de las especies

Caracterización de especies predominantes en el área de estudio.

Composición florística y cobertura vegetal

El área de estudio corresponde a un pastizal, donde predominan gramíneas. La altura promedio corresponde a 15 cm. En cuanto a la composición florística se destacan por la frecuencia *Bouteloua megapotamica*; *Stipa* sp, *Bromus catarthicus*, *Axonopus* sp. *Piptoquetium* sp, *Cynodon dactylon*, *Eragrostis lugens*; En cuanto a las leguminosas y otras familias botánicas se destacan: *Dischondra repens*, *Melica macra*, *Stelaria media*, *Cyperus* sp, *Lepidium sativum*, *Aechmea distichantha* .

La cobertura en promedio es de 80%, encontrando zonas de cobertura total (100%) y zonas con abundante suelo desnudo. La cobertura del suelo también es un aspecto dinámico, ya que hay especies más agresivas; otras con capacidad de colonizar espacios vacíos gracias a su morfología, (por ejemplo: tallos subterráneos, rizomas), el sistema radicular, la adaptación a sequía, o requerimientos de humedad, por ejemplo *Dischondra repens* ("oreja de ratón") se adapta a la sombra, y es cubresuelo, por lo que si las especies acompañantes la somborean, favorecen su desarrollo, aparte requiere humedad.

En este aspecto también se genera un dinamismo, por la interacción con el ambiente.

Por otro lado según la condición del pastizal, aparecerán una u otras especies.

Atributos morfológicos que podrían condicionar la interacción con los vehículos y tránsito vial

La heterogeneidad vegetal en cuanto a morfología y hábitos de crecimiento, podrían establecer diferencias en relación al contacto con las ruedas del automóvil, se destacan:

- El hábito de crecimiento: si la especie es rastrera, erguida o decumbente, podría condicionar. En un pastizal al predominar las

gramíneas, estas tienen una fase de macollaje, donde generan vástagos nuevos (matas, hábito cespitoso) y luego la etapa reproductiva en la que elongan el tallo y generan una composición de mayor altura.

Además se presentan especies cubresuelos, o rastreras, en el que desarrollan prácticamente todo su ciclo al ras del suelo, y elevando sólo la inflorescencia.

Otras especies presentan forma de roseta, también desarrollando poca altura.

- Pilosidad: hay especies más pilosas en cuanto a tallo y hojas, que las hacen más ásperas, respecto de otras
- Dureza de la caña: creciente a medida que más se desarrolla, esto se debe a la presencia de lignina (en la pared celular)

La cobertura vegetal, que es de suma importancia puede depender de la combinación de especies que se presenten, agresividad, comportamiento frente a las condiciones ambientales que predominen (resistencia a la sequía, resistencia al viento, a heladas), tipo de suelo, sistema radicular, entre otras.

La permanencia de rocío y mojado foliar, depende de la densidad del pastizal y las condiciones ambientales y estacionales.

Conclusiones

Una ventaja importante es la predominancia del pastizal a la vera de las rutas, que simplifican el estudio. Sin embargo este componente es muy dinámico en el tiempo a pesar de la repetición de las especies en el área de banquetas de las rutas de la provincia, por lo que no hay una misma relación todo el año. Se sugiere tener en cuenta a la hora de evaluar este componente en el área accidentología.

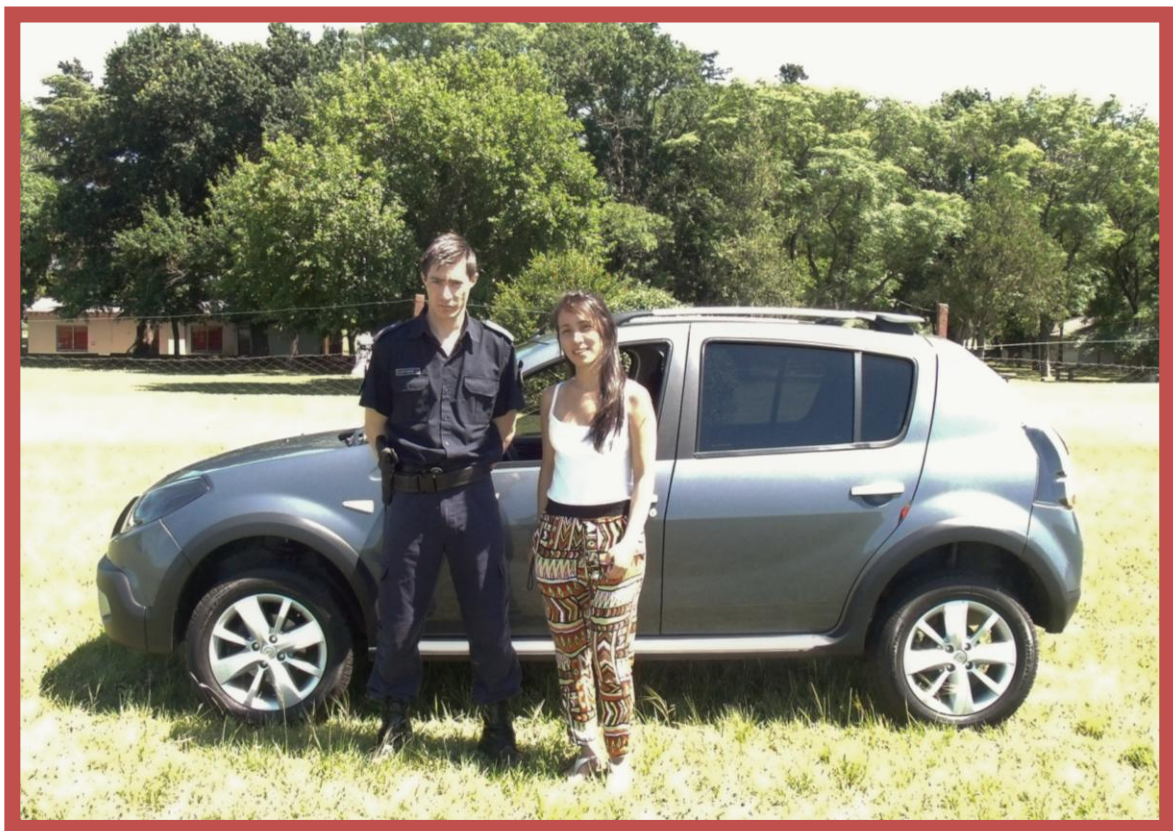
El suelo, condiciones ambientales e interacciones entre especies será determinante de las especies también presentes.

Una variable importante a evaluar es la cobertura del suelo (porcentaje cubierto de vegetal respecto a suelo desnudo) y aspectos temporales como la estación del año en que se realicen los estudios y la hora del día (sobre todo en condiciones de demasiado mojado foliar por rocío, o escarcha).

El conocimiento de este dinamismo, propio de la naturaleza, lleva al hombre a comprometerse aún más con el medio en que vive, con la vida propia y la de los demás.

ANEXO 2

FICHAS TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS UTILIZADOS EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN



Propietario y conductor: LEONARDO GABRIEL SARTORE

Acompañante: MARGARITA HERRERA

RENAULT SANDERO STEPWAY		DOMINIO KOX-250	
MOTOR			
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 16 válvulas, Delantero transversal		
Cilindrada	1.598 cc		
Potencia máxima	105 CV (73,5 kW) / 5.750 r.p.m		
Par motor	145/3750 Nm/rpm		
Alimentación	Inyección multipunto		
TRANSMISION Y CHASIS			
Transmisión	Manual		
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás		
Tracción	Delantera		
Suspensión delantera	Pseudo McPherson con barra estabilizadora		
Suspensión trasera	Eje flexible semi-independiente, resortes helicoidales, amortiguadores hidráulicos y barra antirrolido		
Frenos delanteros	Discos ventilados (259 mm),		
Frenos traseros	Tambor (203 mm).		
Neumáticos	195/60/R16		
DIMENSIONES			
Largo total	4091 mm		
Ancho total	1751 mm		
Alto total	1630 mm		
Distancia entre ejes	2589 mm		
Capacidad baúl	320 dm3		
Peso	1.040 kg		
Depósito de combustible	50 litros		
PRESTACIONES			
Velocidad máxima	169 km/h		
Aceleración 0 a 100 km / h	11,3 seg		
Consumo urbano	9,3 lts/100kms		
Combustible	Nafta		



Propietario: ARIEL GUTIERREZ

Conductor: WALTER ALBERTO REISENAUER

Acompañante: CARLOS GABRIEL VEGA

RENAULT 19		DOMINIO DBT-406	
MOTOR			
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal		
Cilindrada	1565 cc		
Potencia máxima	74 CV (54,5 kW) / 5000 r.p.m		
Par motor	118/2750 Nm/rpm		
Alimentación	Inyección electrónica Monopunto		
TRANSMISION Y CHASIS			
Transmisión	Manual		
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás		
Tracción	Delantera		
Suspensión delantera	De tipo Mc Pherson con barra estabilizadora, amortiguadores hidráulicos y muelles helicoidales.		
Suspensión trasera	De Ruedas Independientes, con brazos arrastrados, barras de torsión y amortiguadores hidráulicos.		
Frenos delanteros	Discos ventilados		
Frenos traseros	Tambor		
Neumáticos	175/70 R13"		
DIMENSIONES			
Largo total	4248 mm		
Ancho total	1696 mm		
Alto total	1412 mm		
Distancia entre ejes	2544 mm		
Capacidad baúl	463 dm3		
Peso	1.001 kg		
Depósito de combustible	55 litros		
PRESTACIONES			
Velocidad máxima	162 km/h		
Aceleración 0 a 100 km / h	15,3 seg		
Consumo urbano	8,4 lts/100kms		
Combustible	Nafta		
Tubo de GNC	Capacidad 14 m3 de 84 kg		



Propietario y conductor: WALTER ALBERTO REISENAUER

Acompañante: CARLOS GABRIEL VEGA

RENAULT MEGANE		DOMINIO GZI-357	
MOTOR			
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal		
Cilindrada	1870 cc		
Potencia máxima	100 CV / 4000 r.p.m		
Par motor	20.8/2000 Nm/rpm		
Alimentación	Inyección directa turbo diesel		
TRANSMISION Y CHASIS			
Transmisión	Manual		
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás		
Tracción	Delantero		
Suspensión delantera	Independiente tipo McPherson		
Suspensión trasera	Brazos arrastrados con dos barras de torsión transversales y amortiguadores hidráulicos telescópicos		
Frenos delanteros	Discos ventilados		
Frenos traseros	Tambor		
Neumáticos	185/65/R14		
DIMENSIONES			
Largo total	4436 mm		
Ancho total	1698 mm		
Alto total	1435 mm		
Distancia entre ejes	2580 mm		
Capacidad baúl	510 dm ³		
Peso	1194 kg		
Depósito de combustible	60 litros		
PRESTACIONES			
Velocidad máxima	185 km/h		
Aceleración 0 a 100 km / h	12,3 seg		
Consumo urbano	4,5 lts/100kms		
Combustible	Diesel		



Renault Clio, color bordó,
dominio colocado
BXA-919, modelo 1998



Propietario y conductor: CARLOS GABRIEL VEGA

Acompañante: WALTER ALBERTO REISENAUER

RENAULT CLIO		DOMINIO BXA-919
MOTOR		
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal	
Cilindrada	1565 cc	
Potencia máxima	74 CV (54,5 kW) / 5000 r.p.m	
Par motor	118/2750 Nm/rpm	
Alimentación	Inyección electrónica Monopunto	
TRANSMISION Y CHASIS		
Transmisión	Manual	
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás	
Tracción	Delantera	
Suspensión delantera	Mc Pherson con ángulo de desplazamiento negativo, barra antirrolido y triángulo inferior. Resortes helicoidales, amortiguadores hidráulicos telescópicos	
Suspensión trasera	Ruedas independientes, brazos arrastrados, dos barras de torsión transversales, amortiguadores hidráulicos telescópicos y barra antirrolido	
Frenos delanteros	Discos ventilados	
Frenos traseros	Tambor	
Neumáticos	155/80 SR 13"	
DIMENSIONES		
Largo total	3773 mm	
Ancho total	1.639 mm	
Alto total	1.417 mm	
Distancia entre ejes	2472 / 1406 - 1385	
Capacidad baúl	255 litros	
Peso	991 kg	
Depósito de combustible	43 litros	
PRESTACIONES		
Velocidad máxima	181 km/h.	
Aceleración 0 a 100 km / h	10,6 segundos.	
Consumo urbano	9,6 lit/100 km	
Combustible	Nafta	

Volkswagen Polo, color champagne, modelo 2002, dominio colocado EAN-344



Propietario y conductor: CARLOS DANIEL TORTUL

Acompañante: MARGARITA HERRERA

VOLKSWAGEN POLO		DOMINIO EAN-344	
MOTOR			
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal		
Cilindrada	1596 cc		
Potencia máxima	88 CV / 5500 r.p.m		
Par motor	13,2/3000 Nm/rpm		
Alimentación	Inyección electrónica Multipunto		
TRANSMISION Y CHASIS			
Transmisión	Manual		
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás		
Tracción	Delantera		
Suspensión delantera	Independiente con sistema McPherson, con brazos triangulares transversales, resortes helicoidales, amortiguadores telescópicos y barra estabilizadora		
Suspensión trasera	Interdependiente, brazos tubulares longitudinales, resortes helicoidales y amortiguadores telescópicos		
Frenos delanteros	Discos ventilados		
Frenos traseros	Tambor		
Neumáticos	185/60 R 14		
DIMENSIONES			
Largo total	4.164mm		
Ancho total	1.640 mm		
Alto total	1.414 mm		
Distancia entre ejes	2441 / 1.429 / 1.394		
Capacidad baúl	450 dm ³		
Peso	1100 kg		
Depósito de combustible	45 litros		
PRESTACIONES			
Velocidad máxima	176 km/h.		
Aceleración 0 a 100 km / h	12,3 segundos.		
Consumo urbano	7 lit/100 km		
Combustible	Nafta		
Tubo de GNC de 14 m ³	84 kg		



Propietario y conductor: SERGIO HERNAN OCAMPO

Acompañante: CARLOS NANDO SOSA

RENAULT CLIO		DOMINIO FIL-514
MOTOR		
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal	
Cilindrada	1.461 cc	
Potencia máxima	86 CV (63 kW) / 3750 r.p.m	
Par motor	200 Nm/1900 r.p.m.	
Alimentación	Inyección directa	
TRANSMISION Y CHASIS		
Transmisión	Manual	
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás	
Tracción	Delantero	
Suspensión delantera	Tipo McPherson / Resorte helicoidal	
Suspensión trasera	Rueda tirada con elemento torsional / Resorte helicoidal	
Frenos delanteros	Discos ventilados (260 mm),	
Frenos traseros	Tambor (203 mm).	
Neumáticos	185 / 60 R 15	
DIMENSIONES		
Largo total	3.986 mm	
Ancho total	1719 mm	
Alto total	1.495 mm	
Distancia entre ejes	2.575 mm/1.472-1.470mm	
Capacidad baúl	288 litros	
Peso	1.175 kg	
Depósito de combustible	55 litros	
PRESTACIONES		
Velocidad máxima	174 km/h.	
Aceleración 0 a 100 km / h	12,7 segundos.	
Consumo urbano	5,2 lit/100 km	
Combustible	Diesel	



Propietario y conductor: WALTER ALBERTO MAIDANA

Acompañante: MATEO MARTINEZ

RENAULT CLIO	DOMINIO DRY-176
MOTOR	
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 16 válvulas, Delantero transversal
Cilindrada	1.598 cc
Potencia máxima	102 CV (73,5 kW) / 5.750 r.p.m
Par motor	149 Nm/4250 r.p.m.
Alimentación	Inyección electrónica multipunto Siemens
TRANSMISION Y CHASIS	
Transmisión	Manual
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás
Tracción	Delantera
Suspensión delantera	Independiente tipo McPherson con triángulo inferior unido al chasis, barra estabilizadora (23 mm) con amortiguadores hidráulicos y resortes helicoidales.
Suspensión trasera	Semindependiente con tren en forma de H y dos brazos tirados longitudinalmente, barra estabilizadora, amortiguadores hidráulicos y resortes en forma de barril.
Frenos delanteros	Discos ventilados (259 mm),
Frenos traseros	Tambor (203 mm).
Neumáticos	185/60x13.
DIMENSIONES	
Largo total	4.150 mm
Ancho total	1.639 mm
Alto total	1.435 mm
Distancia entre ejes	2.472 mm/1.385-1.406mm
Capacidad baúl	320 litros - 1200 litros 510 dm ³
Peso	1.025 kg
Depósito de combustible	50 litros
PRESTACIONES	
Velocidad máxima	185,4 km/h.
Aceleración 0 a 100 km / h	11,14 segundos.
Consumo urbano	8,97 lit/100 km (autonomía 557 km)
Combustible	Nafta



Propietario y conductor: MATEO MARTINEZ

Acompañante: CARLOS GABRIEL VEGA

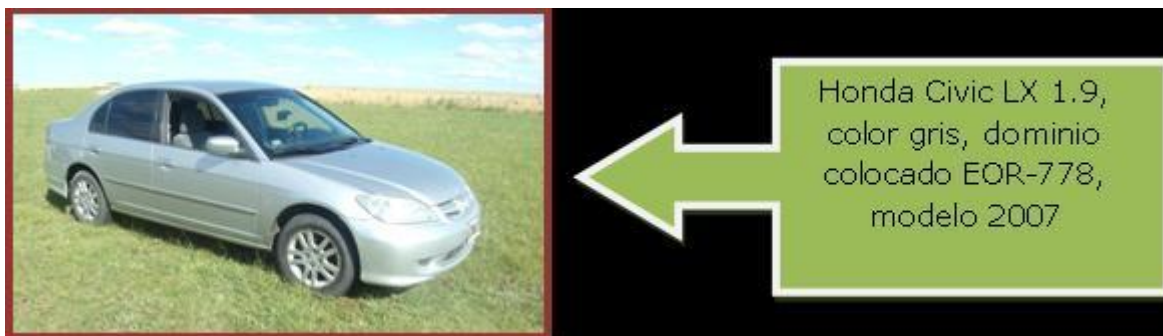
FIAT UNO SPORTING		DOMINIO LRS-825	
MOTOR			
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal		
Cilindrada	1.368 cc		
Potencia máxima	85 cv / 5.750 rpm		
Par motor	12.4 Kgm / 3.500 rpm		
Alimentación	Inyección electrónica multipunto		
TRANSMISION Y CHASIS			
Transmisión	Manual		
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás		
Tracción	Delantera		
Suspensión delantera	Independiente tipo McPherson con brazos oscilantes transversales, resortes helicoidales y barra estabilizadora		
Suspensión trasera	Eje de torsión con ruedas semi independientes, resortes helicoidales		
Frenos delanteros	Discos ventilados (240 mm),		
Frenos traseros	Tambor (185 mm).		
Neumáticos	185/60 R15		
DIMENSIONES			
Largo total	3.770 mm		
Ancho total	1656 mm		
Alto total	1.555 mm		
Distancia entre ejes	2.376 mm		
Capacidad baúl	280 litros		
Peso	940 kg		
Depósito de combustible	48 litros		
PRESTACIONES			
Velocidad máxima	165 km/h.		
Aceleración 0 a 100 km / h	11,8 segundos.		
Consumo urbano	**		
Combustible	nafta		



Propietario y conductor: RICARDO GRAFF

Acompañante: CARLOS GABRIEL VEGA

VOLSWAGEN SURAN		DOMINIO LEG-968
MOTOR		
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 8 válvulas, Delantero transversal	
Cilindrada	1599 cc	
Potencia máxima	101 CV (74Kw) / 5.250 rpm	
Par motor	143 Nm / 3850 rpm	
Alimentación	Inyección electrónica Multipunto	
TRANSMISION Y CHASIS		
Transmisión	Manual	
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás	
Tracción	Delantera	
Suspensión delantera	Independiente, tipo Mc Pherson con brazos de control, resortes helicoidales, amortiguadores hidráulicos y presurizados y barras estabilizadoras diámetro 20 mm	
Suspensión trasera	Independiente con brazos longitudinales, resortes helicoidales y amortiguadores hidráulicos y presurizados	
Frenos delanteros	Discos ventilados	
Frenos traseros	Tambor	
Neumáticos	195/55 R 15	
DIMENSIONES		
Largo total	4178 mm	
Ancho total	1657 mm	
Alto total	1547 mm	
Distancia entre ejes	2465 mm	
Capacidad baúl	430 dm ³	
Peso	1140 kg	
Depósito de combustible	50 litros	
PRESTACIONES		
Velocidad máxima	179 km/h.	
Aceleración 0 a 100 km / h	11,5 segundos.	
Consumo urbano	7 lit/100 km	
Combustible	Nafta	
Tubo de GNC de 14 m ³	84 kg	



Propietario y conductor: HECTOR MANUEL PERALTA

Acompañante: CARLOS GABRIEL VEGA

HONDA CIVIC		DOMINIO EOR-778
MOTOR		
Número de cilindros / disposición	4 en línea, 16 válvulas, Delantero transversal	
Cilindrada	1668 cc	
Potencia máxima	115/6100 Cv/rpm	
Par motor	110/4500 Nm/rpm	
Alimentación	Inyección electrónica Multipunto	
TRANSMISION Y CHASIS		
Transmisión	Manual	
Marchas	5 velocidades hacia adelante y marcha atrás	
Tracción	Delantera	
Suspensión delantera	Mc Pherson	
Suspensión trasera	De doble brazos	
Frenos delanteros	Discos ventilados	
Frenos traseros	Tambor	
Neumáticos	185/65/R15	
DIMENSIONES		
Largo total	4435 mm	
Ancho total	1717 mm	
Alto total	1455 mm	
Distancia entre ejes	2620 mm	
Capacidad baúl	402 dm ³	
Peso	1145 kg	
Depósito de combustible	50 litros	
PRESTACIONES		
Velocidad máxima	210 km/h.	
Aceleración 0 a 100 km / h	11,5 segundos.	
Consumo urbano	6.1 lit/100 km	
Combustible	Nafta	

BIBLIOGRAFIA:

- 1- ALBA LOPEZ Juan José, MONCLÚS GONZALEZ Jesus, IGLESIA PULLA Alberto, 2001, "ACCIDENTES DE TRAFICO: MANUAL BASICO DE INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN". Copy Center; Zaragoza.-
- 2- Alvea, E. (2008). *Influencia del peso en la huella de frenado*. Tesis para optar al título de Licenciado en Criminalística, Facultad de Psicología, Universidad del Aconcagua, Mendoza, Argentina.
- 3- ARIAS Manuel, GUITIAN Paz, "MANUAL DE AUTOMÓVILES", 55º Edición, Madrid, 2004.-
- 4- BERARDO, Maria Graciela, "ACCIDENTES DE TRANSITO- ANALISIS PERICIAL CIENTÍFICO", Editorial Mediterránea, 2.003, Córdoba, Argentina.
- 5- CENEK, P.D., JAMIESON, N.J y McLARIN, M.W, "FRICTIONAL CHARACTERISTICS OF ROADSIDE GRASS TYPES", consultores internacionales del Opus, Laboratorios Centrales, Gracefield, Nueva Zelanda,(2005)
- 6- Charles Y. Warner, Gregory C. Smith, Michael B. James y Geoff J. Germane, "APLICACIONES DE LA FRICCIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES*", Collision Safety Engineering, Inc. Orem, UT, * Documento presentado en el Congreso Internacional y Exposición, Detroit, Michigan, Febrero de 1983.-
- 7- DIRECCION GENERAL DE TRAFICO, "Investigación de Accidentes de Tráfico", 1ª Edición, Madrid, año 1991.-
- 8- Dr. VAZQUEZ Adolfo Roberto, "LEGISLACIÓN SOBRE TRÁNSITO", Editorial La Llave S.A., 4ª Edición, Buenos Aires, 1999.-
- 9- FLORES CERVANTES, Cutberto. "LOS ANTECEDENTES DE TRANSITO". 4ta Edición. Editorial Porrúa S.A., México, año 1994.-
- 10- Instituto de Seguridad y Educación Vial, "El factor vehículo", Fascículo 4, Buenos Aires, 2009.-

- 11- IRURETA, Víctor. "ACCIDENTOLOGIA VIAL Y PERICIA". 2ª Edición corregida y actualizada. Ediciones La Rocca, Buenos Aires, año 1999.-
- 12- MENDICOA Gloria Edel, "Sobre tesis y tesistas: Lección de enseñanza-aprendizaje"; 1ª Edición, Buenos Aires, año 2003.-
- 13- PONS Pablo Y TORRES, "MECANICA Y REGLAMENTACIÓN "C-1"", Editorial PONS S.A., MADRID 1995.-
- 14- SABINO Carlos A. "Cómo hacer una tesis: y elaborar todo tipo de escritos", 3ª edición, Editorial Lumera, Buenos Aires, año 1998.
- 15- WALPOLE Ronald E, MYERS Raymond H., MYERS Sharon L, "Probabilidad y estadística para ingenieros", 6ª edición, México, año 1999.-

Páginas web:

- 16- BORDA Guido, (2011) "INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES EN EL TRANSITO". Disponible en <http://es.scribd.com/doc/62954592/Investigacion-de-Accidentes-en-El-Transito>. Fecha de consulta 03/11/12.-