

HOJA CORRESPONDIENTE A LA PORTADA DEL PROYECTO DE TESIS:

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**“ANÁLISIS Y JUSTIFICATIVOS PARA
IMPLEMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD
TÉCNICA SOBRE SEGURIDAD VIAL”**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

FLORENCIO EUDORO RUIZ PRADO

SANGOLQUI, ABRIL 2.008

HOJA CORRESPONDIENTE AL LOMO DEL PROYECTO DE TESIS:

C.I.C.

**“ANÁLISIS Y JUSTIFICATIVOS PARA
IMPLEMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD
TÉCNICA SOBRE SEGURIDAD VIAL”**

2.008

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**“ANALISIS Y JUSTIFICATIVOS PARA
IMPLEMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD
TÉCNICA SOBRE SEGURIDAD VIAL”**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

FLORENCIO EUDORO RUIZ PRADO

SANGOLQUI, ABRIL 2.008

CERTIFICACIÓN:

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Señor Florencio Eudoro Ruiz Prado, como requerimiento parcial a la obtención del Título de Ingeniero Civil.

Sangolquí, Abril del 2.008

Ing. Milton Torres E.
Director de Tesis

Ing. Patricio Romero F.
Coordinador de Tesis

AGRADECIMIENTO:

Me permito expresar mi agradecimiento a mis Padres, Esposa e Hijos, a quienes posiblemente, por mis estudios no pude darles mayor y mejor tiempo, para compartir.

A la Dra. Pilar Arias, porque siempre me impulso a prepararme, para servir de mejor manera a mis semejantes.

A la Escuela Politécnica del Ejército, a mis Profesores, en especial al Ing. Milton Torres e Ing. Patricio Romero, Director o Codirector de Tesis respectivamente.

A la Policía Nacional, Institución a la cual amo y respeto.

A todas las personas quienes de una u otra manera colaboraron para que este Proyecto de Tesis llegue a feliz termino.

CURRICULUM VITAE DEL AUTOR:

Datos personales:

Nombres y Apellidos: Florencio Eudoro Ruiz Prado

Lugar y fecha de nacimiento: Provincia de Bolívar 28 de febrero de 1956

Estudios Realizados:

Escuela Anexa “México”

Colegio Nacional “Mejía”

Escuela Superior de Policía “Gral. Alberto Enríquez Gallo”

Grado: Coronel de Policía de Estado Mayor

“Universidad Cooperativa de Colombia”; Bogota. Colombia

Administrador de Empresas.

“Universidad de los Andes”; Bogota Colombia

Diploma de Alta Gerencia

“ESPE”

Diploma de Alta Gerencia

Escuela de Cadetes de Policía “General Santander”

Oficial Diplomado en Academia Superior de Policía, con especialización en seguridad integral

Universidad Católica de Quito

Curso de Seguridad Vial

Invitado a las conferencias de seguridad vial en Sao Paulo Brasil

Conferencista del Segundo Congreso de Tránsito y Transporte Terrestre realizado en la Universidad Técnica Particular de Loja 2.007.

**“ANALISIS Y JUSTIFICATIVOS PARA
IMPLEMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD
TÉCNICA SOBRE SEGURIDAD VIAL”**

AUTOR:

FLORENCIO EUDORO RUIZ PRADO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL EJERCITO

A todos los Seres Humanos, por el respeto a la vida. Si este documento llega a la conciencia de los profesionales que administran una red vial y se implementan medidas para minimizar la frecuencia, la severidad de los accidentes de tránsito y salvar vidas, mi objetivo estará cumplido.

A mis Padres, Esposa e Hijos, porque son la luz verde del tránsito de mi vida

INDICE

<i>TEMA.</i>	<i>PAG.</i>
CAPITULO I	
Generalidades	
1.1. Antecedentes	1
1.2. Introducción	2
1.3. Propósito y Justificación	
CAPITULO II	
Situación de la Seguridad Vial en el Ecuador	
2.1. A nivel nacional	6
Número de accidentes de tránsito por Jefaturas de Enero Diciembre 2.000	7
Número de accidentes de tránsito por Jefaturas de Enero Diciembre 2.001	12
Número de accidentes de tránsito por Jefaturas de Enero Diciembre 2.002	15
Número de accidentes de tránsito ocurridos en el Ecuador por Jefaturas Período: enero - diciembre 2003	19
2.2. Estadísticas Integradas 2.000 – 2.006	22
2.3 Estadísticas de la Autopista General Rumiñahui	28 – 31
CAPITULO III	
Causas de accidentes en relación con la vía	
3.1 Definición de Ingeniería de Tránsito	32
3.2 El usuario	32
3.3. El usuario como conductor	32
3.4. El peatón	34
3.5 El vehículo	35
3.6. La vía	35
CAPITULO IV	
Análisis de los accidentes	
4. Definición de los distintos tipos de accidente	64
4.1 Registro de accidentes	69
4.2 Sistema de archivo	70
4.3 Índices de accidentes de tránsito	78
4.4 Puntos de alta frecuencia	83
4.4.1. Posible amortización de los métodos de identificación de los tramos de concentración de accidentes	83
4.4.2. Técnicas estadísticas para la identificación de las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito	85
4.4.3. Influencia de las zonas de dilema en la generación de accidentes tránsito en intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura.	97
4.4.4 El método de Bayes, aplicado en la identificación de	109

las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito.	
4.4.5. Aplicación de medidas correctivas orientadas a la reducción de accidentes de tránsito en intersecciones de la ciudad de Piura	121
4.4.6. Seguridad vial: una aproximación a las causas técnicas y humanas de los accidentes de tránsito en los países andinos	133
CAPITULO V	
Estudio del impacto ambiental en la Autopista General Rumiñahui.	
5.1. Generalidades	146
5.2. Características generales de la Autopista General Rumiñahui	147
5.3. Evaluación ambiental	148
CAPITULO VI	
Costos de los accidentes	
6. Costos de los accidentes	156
6.1. Análisis cuantitativo	157
6.1.1. Costos económicos	157
6.1.2. Costos sociales	165
CAPITULO VII	
Propuesta de normatividad técnica sobre Seguridad Vial	
7. Propuesta de normatividad técnica sobre Seguridad Vial	168
Normas de Seguridad Vial	173
Capítulo I Finalidad	
Título I De los Principios Generales	173
Título II De los factores involucrados	173
Título III Normatividad	174
Capítulo II Del Vehículo	181
Capítulo III Del Usuario	184
Capítulo IV De la Circulación	186
Bibliografía y Referencias	187 – 192

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Del análisis de las estadísticas de los accidentes de tránsito se puede desprender que este flagelo se ha vuelto un complejo y delicado problema socio – económico para la comunidad. Dentro de la etiología de los accidentes, por ser multicausal, es necesario que se diagnostique, se analicen múltiples factores que influyen dentro de la seguridad de las vías y se llegue a una propuesta técnica de normatividad para su implementación. Además, al ser la Dirección Nacional de Tránsito un ente de organización, planificación, ejecución y control, en el ámbito nacional (Ley de Tránsito y Transporte Terrestres Art.27), es necesario que la institución cuente con un estudio que contemple un diagnóstico y una propuesta de normatividad para la red vial del país.

La Organización Mundial de la Salud es una buena fuente para comprender la magnitud de la gravedad del flagelo de los accidentes de Tránsito, según ella cada año mueren 350.000 personas y quedan heridas alrededor de 15'000.000.

En los países en desarrollo los accidentes en las vías constituyen alrededor del 2.5 % de todas las muertes, este valor aumenta al 6% si vemos la causa de muerte entre las edades de 5 – 65 años, y el 10% para las edades entre 5 – 44 años. Claramente se puede ver que los accidentes representan un gravísimo problema social y factor de pérdidas económicas para el Estado Ecuatoriano.

Diversos factores relacionados con la vía, con los conductores, y el vehículo contribuyen a que sucedan los accidentes, de acuerdo a estudios realizados en el Reino Unido, un cuarto del número de accidentes tienen que ver con algún aspecto del diseño vial, trazado, características de la superficie o con los controles de tráfico.

Se ha llegado a establecer que se pueden obtener grandes beneficios desde el punto de la seguridad con la aplicación de medidas de ingeniería vial o gerenciamiento de tráfico en lugares viales peligrosos. La tasa de retorno es alta en el tratamiento de “puntos negros”, con inversiones de bajo costo, lo que hace falta es explotar el potencial de ingeniería de seguridad vial, realizando aproximaciones sistemáticas

para la identificación de peligros y selección de tratamientos adecuados para ellos. También es importante comprender que la legislación debe ser actualizada para que existan responsabilidades legales, respecto a la seguridad vial, en los gobiernos locales (Municipios o Autoridades viales regionales), ya que cuentan con recursos financieros y tienen que ver directamente con los proyectos de construcción, rediseños geométricos u obras físicas de adecuaciones para mejoras.

Hay pocas investigaciones en países en desarrollo acerca de la relación entre los niveles de accidentes y la geometría de la vía, pero puede explicarse que significativamente están ligadas al número de intersecciones por kilómetro, dimensiones de carriles de circulación, de sobre ancho y también con las curvas horizontales y verticales.

Así mismo los resultados sugieren que los índices de accidentes en países en desarrollo son más altos que en los países industrializados, para niveles similares de flujo vehicular y diseño geométrico. Seguramente esta influyendo otros factores como la indisciplina o educación de conductores y condiciones del vehículo.

1.2. Introducción

En el Capítulo II se revisa la situación de la seguridad vial en el Ecuador llegando a establecerse que las causas principales de los accidentes tienen que ver con el ser humano, un 75%, especialmente con la impericia e imprudencia, mal rebasamiento, embriagues del conductor, exceso de velocidad e imprudencia del peatón. Los accidentes con mayor frecuencia son los choques, los atropellos, arrollamientos y estrellamientos. Se analiza siete años seguidos, desde el año 2.000 hasta el 2.006 y se puede llegar a determinar que en ese lapso se produjeron diez mil muertos y cerca de cincuenta mil heridos, incluyendo la Provincia del Guayas que arroja un promedio de 400 muertos y 1.100 heridos por año. Para información y comparación en un lapso de siete años en el Perú se produjeron 25.000 muertos y 250.000 heridos, relacionados con una población de 13'000.000 y 27'000.000; de Ecuador y Perú, respectivamente. Anualmente en la Unión Europea mueren 40.000 personas, como resultado de un millón y medio de accidentes, (según datos publicados por la Comisión Europea).

Por otra parte se analiza la problemática en la autopista General Rumiñahui, revisando el archivo del grupo de tránsito de Pichincha y se tiene que en el año 2006 se dan 132 accidentes, se producen 10 muertos y 104 heridos; de estos accidentes 37 son colisiones o choques por alcance, lo que significa un 28%; también llama la atención un número significativo de 19 atropellos, el 15%. Se podría deducir que se está abusando temerariamente de la velocidad, entre otros factores, para que se produzcan los accidentes.

En el Capítulo III se realiza un estudio de las causas de los accidentes, en relación con los factores que interactúan en el tránsito, esto es la vía, el usuario como conductor o peatón y el vehículo. Dentro de cada uno de ellos, características o equipamientos que tienden a elevar los niveles de seguridad vial y a disminuir los riesgos o índices de accidentes.

En el Capítulo IV se realiza un análisis de los accidentes, formas de registros, sistemas de archivos, reportes de accidentes, Procesamiento de datos, así como también determinación y tratamiento de tramos de concentración de accidentes o “puntos Negros”; por tener temática muy interesante y relacionada con esta tesis, respetando los derechos de autoría, se inserta las conferencias dictadas en el VI Congreso de ingeniería de tránsito realizado en la ciudad de Loja en noviembre del año 2007: “Técnicas Estadísticas para la Identificación de las Localizaciones más Propensas a Sufrir Accidentes de Tránsito ,VI Congreso de Ing. de Tránsito, Ing. Rafael Feria Torres¹, Ing. Jorge Timalá Rojas”; “Influencia de las Zonas de Dilema en la Generación de Accidentes de Tránsito en Intersecciones SemafORIZADAS de la Ciudad de Piura, Ing. Rafael Torres, Ing. Jorge Timalá Rojas”; El Método de Bayes Aplicado en la Identificación de las Localizaciones más propensas a sufrir accidentes de Tránsito, Ing. Rafael Torres, Ing. Jorge Timalá Rojas”; “Aplicación de Medidas Correctivas Orientadas a la Reducción de Accidentes de Tránsito en Intersecciones de la Ciudad de Piura, Ing. Rafael F. Torres, Ing. Jorge Timalá Rojas”; Seguridad Vial: Una Aproximación a las Causas Técnicas y Humanas de los Accidentes de Tránsito, de los Países Andinos, Ing. Jorge Luís Donayre Ordinola”.

En el Capítulo V se realiza un análisis de Impacto Ambiental en una zona de estudio como la autopista General Rumiñahui que conduce al Valle de los Chillos.

En el Capítulo VI se desarrolla un análisis de los costos económicos y sociales de los accidentes de tránsito y el Capítulo VII trata de la Propuesta de Normatividad Técnica Sobre Seguridad Vial, que contiene normas que se relacionan con los tres factores que interactúan en el tránsito, esto es la vía, el vehículo y el ser humano como conductor o peatón.

1.3. Propósito y justificación

El sistema vial de un país es comparable con el sistema nervioso central o con el flujo sanguíneo de los seres humanos. Así de esenciales son las vías por donde fluye el tráfico de personas, bienes y servicios que contribuyen dinámicamente a la economía de una sociedad. Su mayor o menor desarrollo es signo y síntoma del status que como nación ha alcanzado un grupo humano dentro del concierto de países del planeta, por el sistema vial fluye la vida y la integración de una sociedad como Estado.

El tránsito de bienes y personas a través de la red vial nacional es una actividad importantísima del quehacer diario del conglomerado social de cualquier país. Sin embargo por su naturaleza compleja, donde intervienen diversos elementos como: el hombre, la vía, máquina y factores naturales, esencialmente, hay necesidad de estudios que aporten positivamente para organizar y controlar de una manera técnica esta actividad, que ofrezcan propuestas de seguridad que tiendan a disminuir los índices de accidentes, pues de alguna manera u otra casi todas las familias ecuatorianas han sufrido dolorosas consecuencias del embate de este fenómeno, en mayor o menor grado.

Si se quiere, la magnitud e importancia del problema de la seguridad vial relacionada con el sistema de transportes por vía terrestre, se basa en la tragedia que presentan las estadísticas, “se puede estimar en más de 350.000 muertos por año, que sumado a los lisiados permanentes y heridos, supera la cifra de 15’000.000 de

personas perjudicadas por este fenómeno de las carreteras”¹, afirmación que evidencia cuan necesario es estudiar el problema para buscar e implementar medidas que atenúen la gravedad del mismo. Anualmente una media de 11.100 (once mil cien) accidentes por año, con mas de 1.500 muertes y aproximadamente de 7.000 a 8.000 heridos, en el mismo periodo, se dan en nuestro país.

Las conclusiones o propuestas a que llegue el estudio podrán derivar en decisiones de diversa naturaleza y nivel, para mejorar el estándar de vida de la colectividad, ya que una normatividad adecuada y su implementación permitirán circular con mayor seguridad, lo cual va a redundar directamente en el bienestar de la gente y de la economía del país.

¹ Hacia una interpretación del fenómeno de los accidentes de Tránsito, Ing. Mario Arce, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de costa Rica.

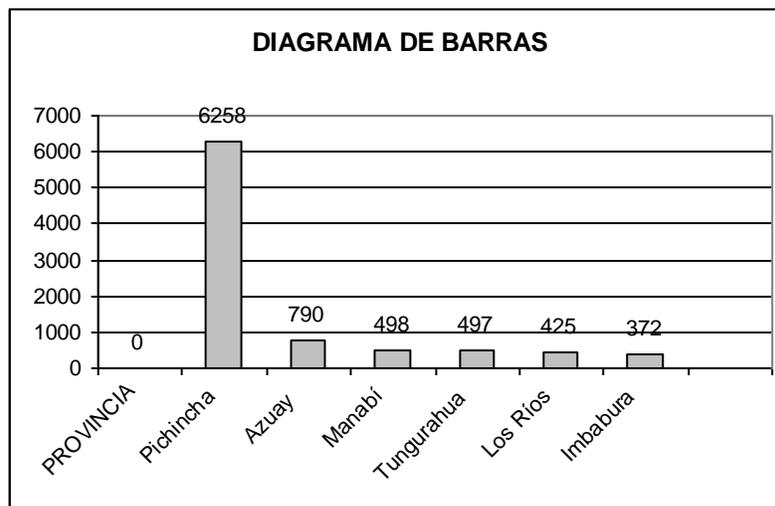
CAPITULO II

SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN EL ECUADOR

2.1 A nivel nacional

De acuerdo al análisis del cuadro de accidentes del año 2.000 se puede notar que se han dado 10.813 accidentes a nivel nacional, excepto la provincia del guayas, fácilmente se puede apreciar que las provincias más afectadas son las siguientes, en orden descendente tenemos:

PROVINCIA	ACCIDENTES
Pichincha	6.258
Azuay	790
Manabí	498
Tungurahua	497
Los Ríos	425
Imbabura	372



NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL
ECUADOR

NÚMERO DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO POR JEFATURAS
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2000

JEFATURAS	TOT AL	ENE RO	FE B.	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SE PTI	OC TU	N OV	DI C
TOTAL	1081 3	785	90 9	1066	994	919	852	929	753	848	884	86 4	10 10
AZUAY	790	56	77	94	69	69	0	70	86	80	51	64	74
BOLÍVAR	87	3	3	16	8	9	4	9	4	8	8	11	4
CAÑAR	234	22	20	18	20	29	17	32	11	16	12	16	21
CARCHI	115	9	18	13	12	8	13	2	9	5	10	1	15
COTOPAXI	231	19	18	21	23	24	20	21	13	19	12	21	20
CHIMBORAZO	297	18	18	23	42	30	21	19	25	25	28	26	22
EL ORO – MACHALA	241	9	23	34	19	11	31	15	21	20		27	31
EL ORO PIÑAS	26	1	2	0	2	0	1	4	2	6	6		2
ESM. ESMERALDAS	170	18	15	11	13	19	19	16	17	8	12	12	10
ESMERALDAS QUININDE	103	7	7	11	12	8	7	13	9	5	7	8	9
IMBABURA IBARRA	231	10	14	29	21	19	15	25	23	10	22	18	25
IMBABURA OTAVALO	141	13	9	12	15	10	9	0	16	8	15	15	19
LOJA	185	14	9	18	17	15	12	16	22	15	14	14	19
LOS RÍOS BABAHOYO	214	11	23	16	22	18	21	8	20	17	28	16	14
LOS RÍOS QUEVEDO	211	21	25	15	18	17	21	9	20	12	12	16	25
MANABÍ PORTOVIEJO	197	14	25	23	20	16	15	10	12	18	11	14	19
MANABÍ CHONE	80	5	10	5	6	6	5	6	8	9	8	9	3
MANABÍ MANTA	173	22	18	16	18	19	12	0	0	10	19	17	22
MANABÍ JIPIJAPA	48	2	3	5	6	6	4	5	0	3	4	5	5
MORONA SANTIAGO	37	5	5	4	1	1	5	5	2	3	2	2	2
NAPO TENA	31	2	0	2	3	4	2	3	2	2	3	2	6

NAPO COCA	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2		1
PASTAZA	71	6	2	10	3	8	3	9	5	7	7	4	7
PICHINCHA			47									47	53
QUITO	5875	437	1	560	517	489	507	551	355	473	506	9	0
PICH. STO. DOMINGO	383	27	40	37	38	35	33	27	24	32	31	24	35
SUCUMBÍOS	97	8	6	9	14	10	0	13	8	3	7	6	13
TUNGURAHUA	497	24	45	59	50	35	52	36	36	30	44	33	53
ZAMORA	43	2	3	3	5	4	3	5	3	4	3	4	4
GALÁPAGOS	1	0	0	1	0	0	0						

*NO INCLUYE LA PROVINCIA DEL
 GUAYAS
 FUENTE: JEFATURAS
 PROVINCIALES DE TRÁNSITO

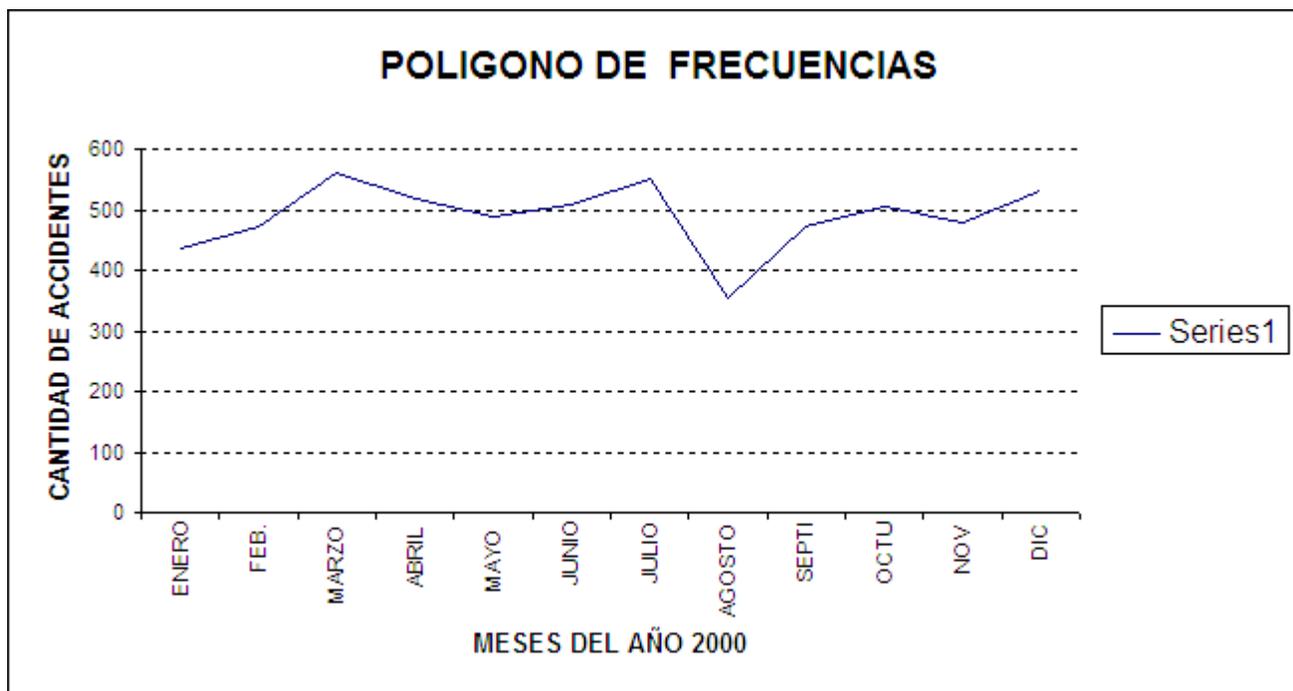
Analizando el número de accidentes por mes en la provincia de Pichincha, durante el periodo enero – diciembre del año 2.000, se puede desprender que existen picos entre el mes de febrero y mayo que pueden estar relacionados con los festejos de carnaval y semana santa, en los meses de junio y julio que coincide con el periodo vacacional en la región sierra. Otro pico se detecta en el mes de diciembre, probablemente relacionado con las festividades de navidad y fin de año.

Lo anteriormente anotado se puede apreciar gráficamente en el polígono de frecuencias:

**NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS
EN PICHINCHA - QUITO
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2.000**

MES	actes.
ENERO	437
FEB.	471
MARZO	560
ABRIL	517
MAYO	489
JUNIO	507
JULIO	551
AGOSTO	355
SEPTI	473
OCTU	506
NOV	479
DIC	530

la media aritmética= 489,58 acctes./ mes



OBSERVACIONES: Nótese que los meses picos son los períodos de Carnaval, término del año lectivo escolar, y festividades de Navidad y año nuevo

Realizando un enfoque desde el punto de vista de las causas y tomando en cuenta el número de accidentes ocurridos en el Ecuador, en el periodo de enero a diciembre del año 2.000, se puede colegir que de una clasificación llevada por el Departamento de Estadística de la Dirección Nacional de Tránsito, existen cinco causas preponderantes:

CAUSAS	ACCIDENTES	PORCENTAJE %
Impericia e imprudencia del conductor	2.641	24,42
Mal rebasamiento – invasión del carril	1.600	14,80
Embriaguez del conductor	1.391	12,86
Exceso de velocidad	1.371	12,68
Imprudencia del peatón	816	7,55

Causas que en definitiva dependen o están relacionadas con la naturaleza humana (73%).

La sumatoria de estos porcentajes dan un 73 % ; de acuerdo a un dato de prensa, publicado en la revista carburando de fecha 3 de marzo del 2.006, “el error humano es la causa del 93% del casi millón y medio de accidentes de tráfico que se producen anualmente en la Unión Europea (en los que mueren cerca de 40.000 personas) según datos publicados por la Comisión Europea (CE), en el lanzamiento de una campaña que tiene por objeto mejorar los sistemas de seguridad en los vehículos”. Entonces se puede ir concluyendo que en el año 2.000 más del 70 % de los accidentes tienen una etiología humana, y menos del 30% dependen de los otros dos elementos involucrados en el tránsito, esto es la vía y los vehículos.

En lo que se refiere a relacionar la frecuencia de los accidentes con los diferentes meses del año se nota lo siguiente:

Por estado de embriaguez tiene su pico en los meses de marzo con 154 accidentes y con 143 en diciembre.

En cuanto a la clase de accidentes más críticos, por el número de ocurrencia, en el siguiente cuadro se puede apreciar que son los choques, luego los atropellos y arrollamientos, así como los estrellamientos.

CLASE DE ACCIDENTE	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Choques	6.286	48
Atropellos y arrollamientos	1.959	18
Estrellamiento	1.690	16

En cuanto a la fatalidad o a la severidad de las consecuencias, de un total de 6.074 víctimas, entre muertos, heridos y traumáticos tenemos lo siguiente:

SEVERIDAD	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Fatales	1.041	17
Heridas	4.892	80
Traumáticos	141	2

De las víctimas fatales el 64% son varones, el 18% son adultos mujeres. De las víctimas heridas el 55% son varones y el 28% son adultos mujeres, el resto de heridos o sea el 17 % son niños y niñas.

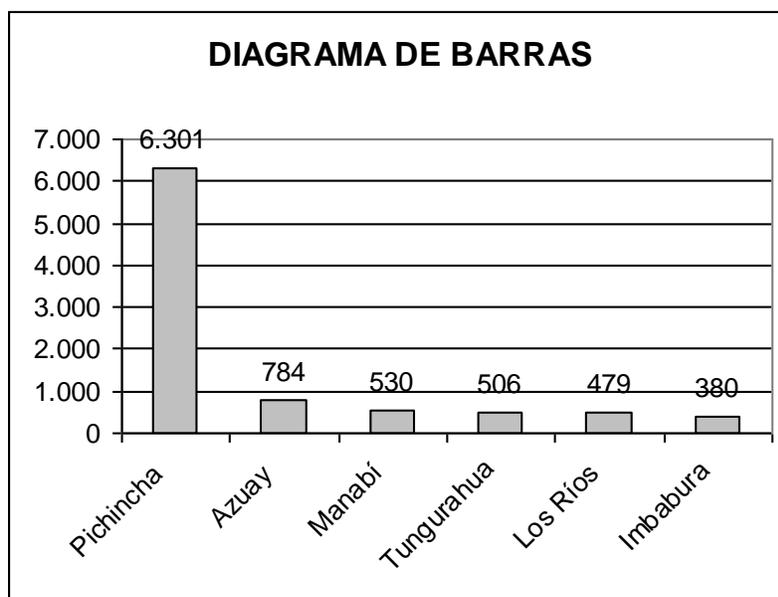
Me parece muy interesante relacionar la cantidad de accidentes con los diferentes tipos de vehículos, ya que se tiene prejuicios con respecto a tal o cual tipo de vehículo. En general los automóviles están en primer lugar como el tipo de vehículo mayormente involucrado con un 32%, esto se debe a que su población es mayoritaria, 166.590 en este año 2.000, pero ya cuando se compara la implicación del tipo de vehículo en relación con su población vehicular, o sea con el número de vehículos matriculados en ese año por cada tipo de vehículo, entonces observamos que la participación del 45% de la flota de buses es muy preocupante. Lo dicho se puede observar en el siguiente cuadro:

TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD ACC.	(%) ACCIDENTES	(%)IMP/POB VEH
Automóviles	3.414	32	2
Camionetas	2.487	23	1,4
Buses	1.689	15	45
Jeep	1.024	9,5	1,6
Camiones	875	8	2,7
Trailer	201	1,8	8,3

Ahora vamos a realizar el mismo análisis en el 2.001. El total de accidentes este año es de 11.010, en el Ecuador, excepto Guayas.

PROVINCIA	ACCIDENTES
Pichincha	6.301
Azuay	784
Manabí	530
Tungurahua	506
Los Ríos	479
Imbabura	380

De acuerdo al número de accidentes siguen siendo las mismas las provincias más afectadas, incrementándose los accidentes en 1,8% con relación al año anterior, en el diagrama de barras se puede apreciar gráficamente.



**NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR
POR JEFATURAS
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2001**

JEFATURAS	TOTAL	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTU	NOV	DIC
TOTAL	11010	874	939	915	913	966	941	958	829	914	908	911	942
AZUAY	784	64	72	79	76	77	67	47	57	65	64	55	61
BOLÍVAR	87	4	16	7	5	8	3	4	9	12	5	8	6
CAÑAR	198	22	11	10	22	16	18	15	16	18	19	19	12
CARCHI	119	5	6	10	14	13	4	13	10	7	8	14	15
COTOPAXI	271	16	17	23	18	26	35	16	27	12	22	27	32
CHIMBORAZO	297	27	13	17	32	38	28	29	23	21	16	22	31
EL ORO – MACHALA	292	22	22	21	19	21	23	27	18	27	26	27	39
EL ORO PIÑAS	30	2	4	3	2		3	3	4	3	3	2	1
ESM. ESMERALDAS	179	13	12	20	10	13	14	17	22	14	12	13	19
ESMERALDAS QUININDE	80	6	10	4	6	4	11	4	5	8	7	7	8
IMBABURA IBARRA	255	26	27	23	17	18	18	20	14	16	23	23	30
IMBABURA OTAVALO	125	11	8	10	14	11	15	7	11	3	5	16	14
LOJA	145	8	18	25	18		13		17	15	8	9	14
LOS RÍOS BABAHOYO	200	12	12	12	20	17	14	16	20	20	19	20	18
LOS RÍOS QUEVEDO	279	21	25	18	19	23	19	27	18	21	26	26	36
MANABÍ PORTOVIEJO	204	14	18	11	15	16	14	17	13	21	19	26	20
MANABÍ CHONE	69	6	8	9	6	3	0	6	11	3	5	6	6
MANABÍ MANTA	207	18	14	12	20	19	18	19	12	24	21	17	13
MANABÍ JIPIJAPA	50	6	4	0	5	5	3	5	1	5	5	6	5
MORONA SANTIAGO	52	2	5	6	4	8	3	3	5	5		7	4
NAPO TENA	44	1	1	5	5	6	3	5	5	3	7	3	
NAPO COCA	12	3	0	0	0	1	0	1	0	2	1	4	
PASTAZA	70	6	4	5	3	5	6	6	6	5	9	6	9
PICHINCHA QUITO	5973	490	512	506	485	547	532	560	427	494	495	459	466
PICH. STO. DOMINGO	328	28	36	30	22	23	24	30	24	24	28	31	28
SUCUMBÍOS	113	13	15	11	6	5	9	12	11	10	8	9	4
TUNGURAHUA	506	24	42	34	46	41	40	46	39	53	45	47	49
ZAMORA	41	4	7	4	4	2	4	3	4	3	2	2	2
GALÁPAGOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*NO INCLUYE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

FUENTE: JEFATURAS PROVINCIALES DE TRÁNSITO

Cuales son las causas preponderantes en el 2.001? , en el cuadro se visualiza:

CAUSAS	ACCIDENTES	PORCENTAJE %
Impericia e imprudencia del conductor	2.894	26
Mal rebasamiento – invasión del carril	1.889	17
Embriaguez del conductor	1.386	12,6
Exceso de velocidad	1.381	12,5
Imprudencia del peatón	851	7,7

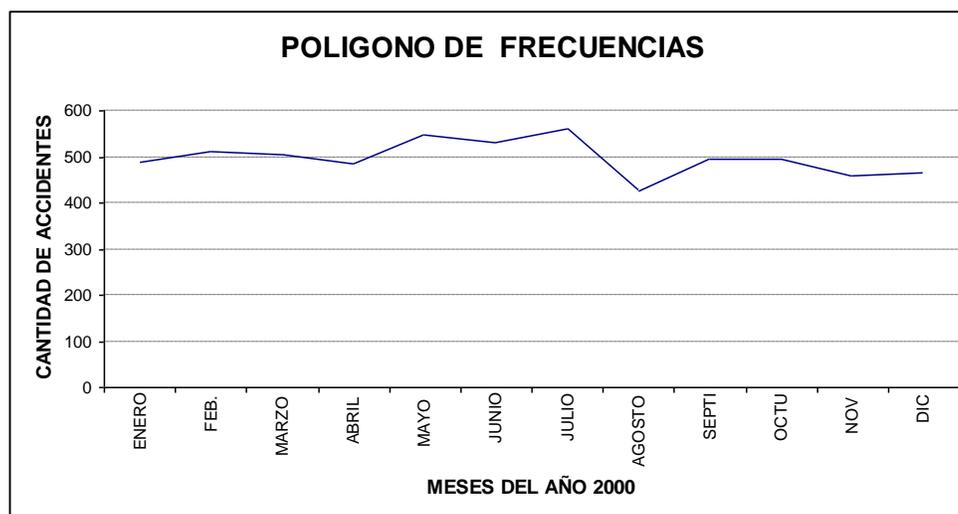
Como se puede ver en el año 2.001 la tendencia del 2.000 se mantiene y las causas más significativas son las mismas, lo que da un porcentaje acumulado del 75,8 de accidentes relacionados con el conductor, ósea causas humanas.

En el polígono de frecuencias, relacionando la cantidad de accidentes en los diferentes meses del año se tiene:

**NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN PICHINCHA QUITO
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2001**

MESES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTU	NOV	DIC
Actes.	490	512	506	485	547	532	560	427	494	495	459	466

La media aritmética= 497,75 acctes./ mes



OBSERVACIONES: Nótese que los meses picos son los períodos de Carnaval, término del año lectivo escolar, y festividades de Navidad y año nuevo.

El pico en el mes de marzo disminuye, en julio se mantiene, en inicios del año lectivo vuelve a subir, pero en este año declina en el mes de diciembre.

En cuanto a las clases de accidentes más preocupantes, por el número de ocurrencia, se tiene en el 2.001

CLASE DE ACCIDENTE	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Choques	5.510	50
Atropellos y arrollamientos	1.912	17
Estrellamiento	1.781	16

Se mantiene la tendencia con los choques, atropellos y estrellamientos como los accidentes más comunes.

En cuanto a la victomología, de un total de 6.171 víctimas entre muertos, heridos y traumáticos, se obtiene el siguiente cuadro:

SEVERIDAD	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Fatales	979	15,86
Heridas	5.052	81,87
Traumáticos	140	2,25

De las víctimas fatales el 65,5% son varones, el 17,87% son adultos mujeres. De las víctimas heridas el 55% son varones y el 28% son adultos mujeres, el resto de heridos o sea el 16,65 % son entre niños y niñas.

Relacionando la cantidad de accidentes con los diferentes tipos de vehículos, en general los automóviles están en primer lugar como el tipo de vehículo mayormente involucrado con un 32%, pero como se puede observar en el siguiente cuadro, la relación tipo de vehículo, accidentes y población vehicular dan al bus un 31%.

TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD ACC.	(%) ACCIDENTES	(%) IMP/POB VEH
Automóviles	3.552	32	2
Camionetas	2.456	22	1,4
Buses	1.524	14	31
Jeep	1.168	11	1,7
Camiones	956	9	2,4

**NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR
POR JEFATURAS
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2002**

JEFATURAS	TOTAL	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTU	NOV	DIC
TOTAL	12215	978	918	958	949	1091	1013	1019	970	1056	1079	1008	1176
AZUAY	768	56	54	67	65	84	66	63	68	52	56	59	78
BOLÍVAR	110	5	3	7	8	6	10	8	5	13	17	15	13
CAÑAR	236	15	16	10	19	26	17	16	20	21	23	22	31
CARCHI	127	17	4	12	19	13	7	12	11	7	6	8	11
COTOPAXI	314	28	25	24	23	29	27	29	27	15	29	34	24
CHIMBORAZO	414	33	36	40	33	20	28	20	28	42	42	41	51
EL ORO - MACHALA	304	40	34	38	22	43		19	14	20	36	17	21
EL ORO PÍÑAS	23	1	1	3	2	3	3	1	2	3	2	2	0
ESM. ESMERALDAS	185	13	18	8	10	17	21	15	7	27	14	19	16
ESMERALDAS QUININDE	121	9	14	7	9	12	6	7	7	13	6	10	21
IMBABURA IBARRA	320	24	23	27	25	27	34	33	30	25	33	21	18
IMBABURA OTAVALO	171	10	24	21	16	9	14	12	10	19	11	8	17
LOJA	179	13	14	17	16	10	15	24	13	14	15	14	14
LOS RÍOS BABAHOYO	292	20	21	27	19	20	38	17	23	22	20	29	36
LOS RÍOS QUEVEDO	445	32	29	24	20	53	46	42	38	44	47	40	30
MANABÍ PORTOVIEJO	279	19	12	26	15	16	19	20	21	41	29	30	31
MANABÍ CHONE	100	15		6	5	10	11	11	13	7	12	5	5
MANABÍ MANTA	217	14	18	12	17	21	20	12	7	26	29	17	24
MANABÍ JIJIJAPA	61	6	3	6	2	7	9	6	1	9	7	1	4
MORONA SANTIAGO	41	2	5	1	5	1	3	6	1	6	4	2	5
NAPO TENA	59	1		6	3	6	3	5	7	6	8	8	6
NAPO COCA	51	1	5			9	5	4	6	10	7	1	3
PASTAZA	100	4	4	9	4	9	8	8	12	12	11	10	9
PICHINCHA QUITO	6145	508	475	482	503	548	513	530	490	501	505	493	597
PICH. STO. DOMINGO	372	31	30	31	23	33	27	34	44	26	33	26	34
SUCUMBÍOS	106	9	8	8	8	12	7	5	8	16	10	5	10
TUNGURAHUA	642	51	42	39	58	47	52	58	52	51	64	65	63
ZAMORA	30	1					4	2	4	6	3	6	4
GALÁPAGOS	3								1	2	0	0	0

*NO INCLUYE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

FUENTE: JEFATURAS PROVINCIALES DE TRÁNSITO

De 12.215 accidentes en el 2.002 ¿cuales son las causas preponderantes?, en el cuadro se visualiza:

CAUSAS	ACCIDENTES	PORCENTAJE %
Impericia e imprudencia del conductor	3.776	30,91
Mal rebasamiento – invasión del carril	1.845	15,10
Exceso de velocidad	1.503	12,30
Embriaguez del conductor	1.321	10,81
Imprudencia del peatón	870	7,12

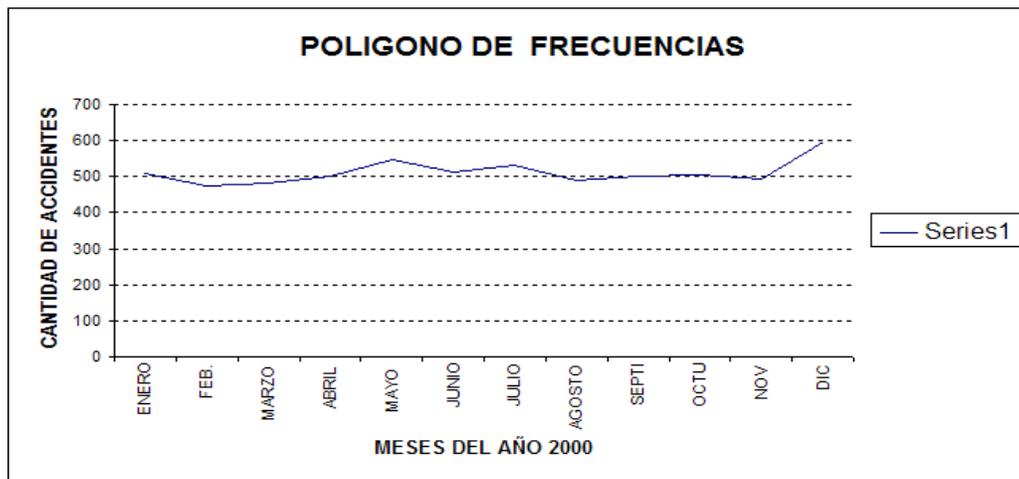
Como se puede ver en el año 2.002 la tendencia del 2.000 y 2.001 se mantiene y las causas más significativas son las mismas, con la diferencia de que el exceso de velocidad supera en dos puntos a la embriaguez del conductor; estos accidentes relacionados con el conductor, o lo que es lo mismo a causas humanas dan un porcentaje acumulado del 76,24.

En el polígono de frecuencias relacionando la cantidad de accidentes en los diferentes meses del año se tiene:

NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN PICHINCHA QUITO
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2002

MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTU	NOV	DIC
actes.	508	475	482	503	548	513	530	490	501	505	493	597

La media aritmética= 512,08 actes./ mes



OBSERVACIONES: Nótese que los meses picos son los períodos de Carnaval, término del año Lectivo escolar, y festividades de Navidad y año nuevo.

Con relación al año 2.002 los picos tienden a disminuir, pero en este año se presenta picos en noviembre y diciembre.

En cuanto a las clases de accidentes más preocupantes, por el número de ocurrencia, se tiene en el 2.002:

CLASE DE ACCIDENTE	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Choques	6.020	49
Atropellos y arrollamientos	1.933	15,8
Estrellamiento	1.984	16,24

Se mantiene la tendencia con los choques, atropellos y estrellamientos como los accidentes más comunes.

En cuanto a la victomología, de un total de 6.357 víctimas entre muertos, heridos y traumáticos, se obtiene el siguiente cuadro:

SEVERIDAD	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Fatales	1.038	16,33
Heridas	5.236	82,36
Traumáticos	83	1,30

De las víctimas fatales el 64.6% son varones, el 19.5% son adultos mujeres. De las víctimas heridas el 58.9% son varones y el 27.33% son adultos mujeres, el resto de heridos o sea el 13.77 % son entre niños y niñas.

Nuevamente relacionaremos la cantidad de accidentes con los diferentes tipos de vehículos. En general los automóviles están en primer lugar como el tipo de vehículo mayormente involucrado con un 32%, pero tomando en cuenta la población vehicular toman la delantera los buses con un 24% como se observa en el siguiente cuadro:

TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD ACC.	(%) ACCIDENTES	(%) IMP/POB VEH
Automóviles	4.229	34,6	2
Camionetas	2.585	21	1,4
Buses	1.494	12,2	24
Jeep	1.392	11,39	1,8
Camiones	1.031	8,4	3

**NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR
POR JEFATURAS
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2003**

JEFATURAS	TOTAL	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTU	NOV	DIC
TOTAL	9495	867	942	1061	871	784	830	823	690	839	825	963	
AZUAY	679	56	76	78	72	67	61	55	35	53	52	74	
BOLÍVAR	165	19	16	27	19	7	14	12	7	22	9	13	
CAÑAR	210	23	20	24	15	16	25	19	23	20	10	15	
CARCHI	116	9	12	9	8	9	10	6	13	11	16	13	
COTOPAXI	267	22	27	24	24	33	23	33	12	23	19	27	
CHIMBORAZO	440	33	41	55	42	47	55	28	33	25	26	55	
EL ORO – MACHALA	256	24	15	21	18	22	18	22	31	34	26	25	
EL ORO PÍÑAS	17	0	2	4	0	0	1	1	3	2	4	0	
ESM. ESMERALDAS	229	21	21	26	15	16	26	21	20	16	21	26	
ESMERALDAS QUININDE	84	8	9	7	8	7	4	12	10	5	6	8	
IMBABURA IBARRA	140	10	19	19	14	12	7	9	9	17	10	14	
IMBABURA OTAVALO	127	10	12	16	10	13	15	8	13	7	14	9	
LOJA	188	8	14	27	23	9	24	20	8	12	16	27	
LOS RÍOS BABAHoyo	204	21	17	23	14	17	20	12	18	13	31	18	
LOS RÍOS QUEVEDO	345	32	37	38	19	31	19	32	31	37	35	34	
MANABÍ PORTOVIEJO	332	39	24	38	29	30	25	30	25	35	35	22	
MANABÍ CHONE	59	1	8	5	10	6	4	13	3	2	2	5	
MANABÍ MANTA	180	16	15	16	19	14	25	22	17	12	8	16	
MANABÍ JIPIJAPA	62	2	9	14	11	3	1	2	2	7	4	7	
MORONA SANTIAGO	30	3	3	5	8	5	0	1				5	
NAPO TENA	43	4	5	6	4	6	0	3	4	1	3	7	
NAPO COCA	24	1	4	4	4	1	3	3		1		3	
PASTAZA	68	13	11	11	13	2	4	2	2	3	5	2	
PICHINCHA QUITO	4050	403	408	444	369	300	332	352	277	387	371	407	
PICH. STO. DOMINGO	310	26	41	28	29	28	23	21	24	28	21	41	
SUCUMBÍOS	101	3	5	10	9	4	13	12	11	7	15	12	
TUNGURAHUA	712	56	65	69	61	73	75	67	54	56	59	77	
ZAMORA	38	4	6	10	1	1	1	5	3	1	5	1	
GALÁPAGOS	19			3	3	5	2	0	2	2	2	0	

*NO INCLUYE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

FUENTE: JEFATURAS PROVINCIALES DE TRÁNSITO

Cuales son las causas preponderantes en los 9.495 accidentes del 2.003?, en el cuadro se visualiza:

CAUSAS	ACCIDENTES	PORCENTAJE %
Impericia e imprudencia del conductor	3.337	35,14
Exceso de velocidad	1.671	17,9
Mal rebasamiento – invasión del carril	1.401	14,5
Embriaguez del conductor	993	10,5
Imprudencia del peatón	731	7,9

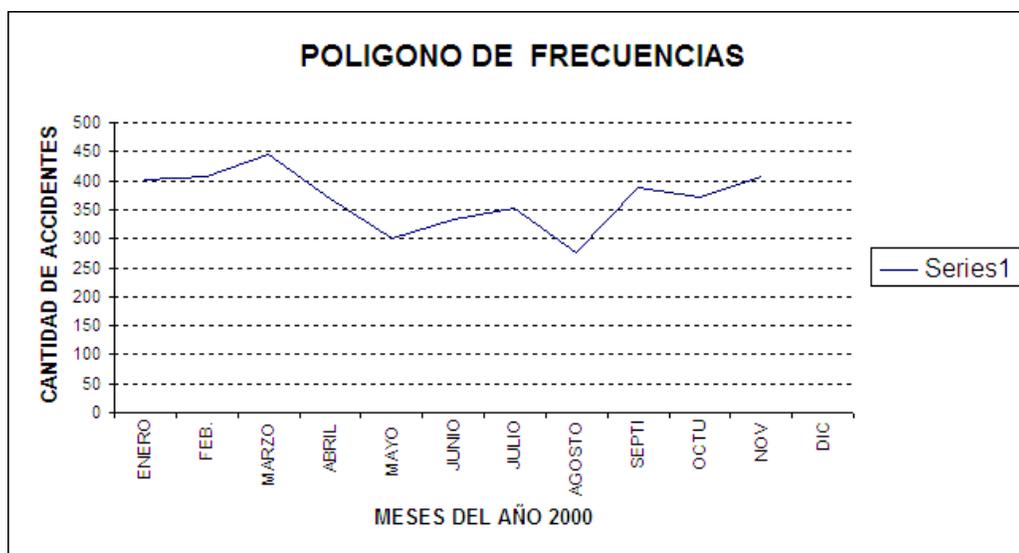
Como se puede ver en el año 2.003 la tendencia del 2.000, 2.001 y 2.002 se mantiene y las causas más significativas son las mismas, con la diferencia de que el exceso de velocidad supera en tres puntos porcentuales al mal rebasamiento y en siete puntos a la embriaguez del conductor; estos accidentes relacionados con el conductor, o lo que es lo mismo debido a causas humanas, en el 2.003 dan un porcentaje acumulado muy significativo, del 85,62. En el polígono de frecuencias año 2.003 se tiene:

NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN PICHINCHA QUITO

PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE 2003

MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTU	NOV	DIC
actes.	403	408	444	369	300	332	352	277	387	371	407	

la media aritmética= 337,50 acctes./ mes



OBSERVACIONES: Los picos son en Carnaval, término del año lectivo escolar, y Navidad y año nuevo.

En cuanto a las clases de accidentes más preocupantes, por el número de ocurrencia, se tiene en el 2.003:

CLASE DE ACCIDENTE	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Choques	4.256	44,82
Atropellos y arrollamientos	1.722	18,13
Estrellamiento	1.616	17,01
Rozamiento	912	9,60
Volcamiento	730	7,68

Se mantiene la tendencia con los choques, atropellos y estrellamientos como los accidentes más comunes.

En cuanto a la victomología, de un total de 6.269 víctimas entre muertos, heridos y traumáticos, se obtiene el siguiente cuadro:

SEVERIDAD	ACCIDENTES	PORCENTAJE (%)
Fatales	1.050	16,74
Heridas	5.133	81,87
Traumáticos	86	1,37

De las víctimas fatales el 69.04% son varones, el 17.80% son adultos mujeres. De las víctimas heridas el 58.71% son varones y el 27.41% son adultos mujeres, el resto de heridos o sea el 13.78 % son entre niños y niñas. Así mismo relacionaremos la cantidad de accidentes con los diferentes tipos de vehículos. En general los automóviles están en primer lugar como el tipo de vehículo mayormente involucrado con un 31,5%, pero cuando hacemos referencia al número de vehículos implicados en accidentes con relación a su población total vehicular, los buses llevan la delantera con un 19 % como se demuestra en el siguiente cuadro:

TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD ACC.	(%) ACCIDENTES	(%)IMP/POB VEH
Automóviles	2.997	31,56	1,5
Camionetas	2.102	22,13	1,1
Buses	1.253	13,19	19
Jeep	1.392	10,26	1,7
Camiones	1.031	8,41	2,8

2.2 Estadísticas integradas 2000-2006

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR POR JEFATURAS

PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006 (AÑO 2006 INCLUYE PROVINCIA DEL GUAYAS)

(AÑO 05 / 06)

JEFATURAS	AÑO 2000	%	AÑO 2001	%	AÑO 2002	%	AÑO 2003	%	AÑO 2004	%	AÑO 2005	%	AÑO 2006	%	INCRE/DECRE
T O T A L	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	18583	100,0%	59,8%
AZUAY	790	7,3%	784	7,1%	768	6,3%	754	7,3%	784	7,0%	814	7,0%	996	5,4%	22,4%
BOLIVAR	87	0,8%	87	0,8%	110	0,9%	175	1,7%	130	1,2%	98	0,8%	188	1,0%	91,8%
CAÑAR	234	2,2%	198	1,8%	236	1,9%	231	2,2%	270	2,4%	282	2,4%	303	1,6%	7,4%
CARCHI	115	1,1%	119	1,1%	127	1,0%	134	1,3%	133	1,2%	156	1,3%	152	0,8%	-2,6%
COTOPAXI	231	2,1%	271	2,5%	315	2,6%	297	2,9%	304	2,7%	421	3,6%	486	2,6%	15,4%
CHIMBORAZO	297	2,7%	297	2,7%	414	3,4%	472	4,6%	635	5,7%	458	3,9%	561	3,0%	22,5%
EL ORO - MACHALA	241	2,2%	292	2,7%	304	2,5%	271	2,6%	357	3,2%	358	3,1%	593	3,2%	65,6%
EL ORO PIÑAS	26	0,2%	30	0,3%	23	0,2%	19	0,2%	16	0,1%	27	0,2%	26	0,1%	-3,7%
ESM. ESMERALDAS	170	1,6%	179	1,6%	185	1,5%	263	2,5%	358	3,2%	373	3,2%	272	1,5%	-27,1%
ESMERALDAS QUIN	103	1,0%	80	0,7%	121	1,0%	102	1,0%	98	0,9%	119	1,0%	112	0,6%	-5,9%
GUAYAS													5690	30,6%	
IMBABURA IBARRA	231	2,1%	255	2,3%	320	2,6%	166	1,6%	240	2,2%	403	3,5%	386	2,1%	-4,2%
IMBABURA OTAV.	141	1,3%	125	1,1%	171	1,4%	139	1,3%	156	1,4%	153	1,3%	211	1,1%	37,9%
LOJA	185	1,7%	145	1,3%	179	1,5%	204	2,0%	229	2,1%	343	2,9%	395	2,1%	15,2%
LOS RIOS BABAH.	214	2,0%	200	1,8%	292	2,4%	217	2,1%	210	1,9%	232	2,0%	179	1,0%	-22,8%
LOS RIOS QUEVEDO	211	2,0%	279	2,5%	445	3,6%	381	3,7%	318	2,9%	353	3,0%	542	2,9%	53,5%
MANABI PORTOV.	197	1,8%	204	1,9%	279	2,3%	353	3,4%	423	3,8%	373	3,2%	534	2,9%	43,2%
MANABI CHONE	80	0,7%	69	0,6%	100	0,8%	59	0,6%	68	0,6%	52	0,4%	47	0,3%	-9,6%
MANABI MANTA	173	1,6%	207	1,9%	217	1,8%	195	1,9%	180	1,6%	299	2,6%	365	2,0%	22,1%
MANABI JIPIJAPA	48	0,4%	50	0,5%	61	0,5%	72	0,7%	65	0,6%	72	0,6%	81	0,4%	12,5%
MORONA SANT.	37	0,3%	52	0,5%	41	0,3%	31	0,3%	52	0,5%	65	0,6%	59	0,3%	-9,2%
NAPO TENA	31	0,3%	44	0,4%	59	0,5%	46	0,4%	47	0,4%	57	0,5%	69	0,4%	21,1%
ORELLANA COCA	4	0,0%	12	0,1%	51	0,4%	24	0,2%	11	0,1%	32	0,3%	62	0,3%	93,8%
PASTAZA	71	0,7%	70	0,6%	100	0,8%	79	0,8%	51	0,5%	62	0,5%	79	0,4%	27,4%
PICHINCHA QUITO	5875	54,3%	5973	54,3%	6144	50,3%	4396	42,4%	4348	39,1%	4214	36,2%	4358	23,5%	3,4%
PICH. STO. DOMIN.	383	3,5%	328	3,0%	372	3,0%	342	3,3%	459	4,1%	625	5,4%	608	3,3%	-2,7%
SUCUMBOS	97	0,9%	113	1,0%	106	0,9%	110	1,1%	127	1,1%	160	1,4%	150	0,8%	-6,3%
TUNGURAHUA	497	4,6%	506	4,6%	642	5,3%	774	7,5%	993	8,9%	951	8,2%	1011	5,4%	6,3%
ZAMORA	43	0,4%	41	0,4%	30	0,2%	43	0,4%	40	0,4%	49	0,4%	39	0,2%	-20,4%
GALAPAGOS	1	0,0%	0	0,0%	3	0,0%	19	0,2%	22	0,2%	28	0,2%	29	0,2%	3,6%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito

Como puede observarse las tendencias se mantienen en todos los años analizados. También se puede observar como la provincia de pichincha aporta con un promedio anual del 26.8% y **Guayas**, en el año 2.006 aporta con un promedio anual de 30.6 % de la totalidad de los eventos.

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR															
POR CAUSA DEL ACCIDENTE															
PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006															
														(AÑO 05 / 06)	
CAUSAS	AÑO 2000	%	AÑO 2001	%	AÑO 2002	%	AÑO 2003	%	AÑO 2004	%	AÑO 2005	%	AÑO 2006	%	INCRE/DECRE
T O T A L	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	18583	100,0%	59,8%
EMBRIAGUEZ CONDUCTOR	1391	12,9%	1386	12,6%	1321	10,8%	1113	10,7%	1189	10,7%	1145	9,8%	1815	9,8%	58,5%
EMBRIAGUEZ PEATON	43	0,4%	44	0,4%	33	0,3%	4	0,0%	3	0,0%	7	0,1%	15	0,1%	114,3%
IMPERICIA IMPRUD. COND.	2641	24,4%	2894	26,3%	3776	30,9%	3629	35,0%	4501	40,5%	4768	41,0%	6239	33,6%	30,9%
EXCESO DE VELOCIDAD	1371	12,7%	1381	12,5%	1503	12,3%	1849	17,8%	2110	19,0%	2221	19,1%	3394	18,3%	52,8%
MAL REBASAM.-INV.CARRIL	1600	14,8%	1889	17,2%	1845	15,1%	1523	14,7%	1472	13,2%	1494	12,8%	2458	13,2%	64,5%
MAL ESTACIONAMIENTO	177	1,6%	174	1,6%	406	3,3%	108	1,0%	31	0,3%	20	0,2%	37	0,2%	85,0%
PASAR SEMAF.ROJO	461	4,3%	427	3,9%	228	1,9%	106	1,0%	72	0,6%	61	0,5%	420	2,3%	588,5%
IMPRUDENCIA PEATON	816	7,5%	851	7,7%	870	7,1%	803	7,7%	849	7,6%	969	8,3%	1351	7,3%	39,4%
CAUSAS DESCONOCIDAS	693	6,4%	186	1,7%	175	1,4%	95	0,9%	103	0,9%	60	0,5%	543	2,9%	805,0%
FACTORES CLIMATICOS	185	1,7%	176	1,6%	172	1,4%	119	1,1%	108	1,0%	107	0,9%	107	0,6%	0,0%
MAL ESTADO DE LA VIA	442	4,1%	559	5,1%	738	6,0%	434	4,2%	309	2,8%	337	2,9%	325	1,7%	-3,6%
NO RESP. SEÑ. TRANS.	342	3,2%	364	3,3%	481	3,9%	175	1,7%	60	0,5%	94	0,8%	743	4,0%	690,4%
DAÑOS MECANICOS-FRENOS	479	4,4%	502	4,6%	408	3,3%	243	2,3%	166	1,5%	205	1,8%	405	2,2%	97,6%
CASOS FORTUITOS	91	0,8%	71	0,6%	147	1,2%	104	1,0%	103	0,9%	91	0,8%	472	2,5%	418,7%
OTRAS CAUSAS	81	0,7%	106	1,0%	112	0,9%	63	0,6%	48	0,4%	50	0,4%	259	1,4%	418,0%

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR
POR CLASE DE ACCIDENTE
PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006

															(AÑO 05/06)
CLASE DE ACC.	ANO 2000	%	ANO 2001	%	ANO 2002	%	ANO 2003	%	ANO 2004	%	ANO 2005	%	ANO 2006	%	INCRE/DECRE
TOTAL	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	18583	100,0%	59,8%
ATROPELLO / ARROLLAM.	1959	18,1%	1912	17,4%	1933	15,8%	1908	18,4%	2174	19,5%	2252	19,4%	3535	19,0%	57,0%
CAIDA PASAJEROS	91	0,8%	93	0,8%	82	0,7%	89	0,9%	100	0,9%	111	1,0%	298	1,6%	168,5%
CHOQUE	5286	48,9%	5510	50,0%	6020	49,3%	4631	44,7%	4955	44,5%	5204	44,8%	8341	44,9%	60,3%
ESTRELLAMIENTO	1690	15,6%	1781	16,2%	1984	16,2%	1751	16,9%	1799	16,2%	1870	16,1%	3047	16,4%	62,9%
ROZAMIENTO	871	8,1%	774	7,0%	1188	9,7%	1001	9,7%	1058	9,5%	1068	9,2%	1631	8,8%	52,7%
VOLCAMIENTO	679	6,3%	719	6,5%	806	6,6%	796	7,7%	833	7,5%	877	7,5%	1148	6,2%	30,9%
OTROS	237	2,2%	221	2,0%	202	1,7%	192	1,9%	205	1,8%	247	2,1%	583	3,1%	136,0%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito

Dentro de las causas se mantienen siempre con porcentajes importantes: las de causas desconocidas (pudiendo estar entre ellas las originadas por deficientes diseños geométricos), así mismo otras causas preponderantes son las por impericia, imprudencia, exceso de velocidad y mal rebasamiento.

**OBSERVACIÓN DE VICTIMAS EN UN PERIODO DE 7 AÑOS INCLUYENDO
LA PROVINCIA DEL GUAYAS**

AÑO	No. ACC.	MUERTOS	HERIDOS
2000	10.813	1.041	4.892
2001	11.010	979	5.052
2002	12.215	1.038	5.236
2003	9.495	1.139	5.133
2004	11.124	1.069	6535
2005	11.629	1.145	7.366
2006	18.583	1.801	9.200
TOTALES	84.869	8.212	43.414

El año 2.006 contempla la totalidad de víctimas a nivel de país, tanto en muertos como en heridos

Como podemos ver en un periodo de observación de siete años, incluyendo un estimado de víctimas, basado en las estadísticas del año 2.006, en la provincia del Guayas (muertos 400/año*6 años), (heridos 1100/año*6 años) se han producido aproximadamente 10.000 diez mil muertos, y cerca de (50.000) cincuenta mil heridos, incluyendo la provincia del Guayas; en el mismo lapso en el Perú, según los conferencistas Ing. Rafael Feria Torres y el Ing. Jorge Timalá, se produjeron veinte y cinco mil muertos (25.000) y doscientos cincuenta mil heridos (250.000).

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR

POR DIA DE LA SEMANA

PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006

DIA	AÑO 2000	%	AÑO 2001	%	AÑO 2002	%	AÑO 2003	%	AÑO 2004	%	AÑO 2005	%	AÑO 2006	%	INCRE/DECRE
TOTAL	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	12893	100,0%	10,9%
LUNES	1427	13,2%	1485	13,5%	1671	13,7%	1311	12,6%	1470	13,2%	1541	13,3%	1662	12,9%	7,9%
MARTES	1381	12,8%	1373	12,5%	1649	13,5%	1230	11,9%	1220	11,0%	1292	11,1%	1377	10,7%	6,6%
MIERCOLES	1352	12,5%	1419	12,9%	1538	12,6%	1214	11,7%	1124	10,1%	1081	9,3%	1165	9,0%	7,8%
JUEVES	1377	12,7%	1473	13,4%	1594	13,0%	1228	11,8%	1342	12,1%	1356	11,7%	1498	11,6%	10,5%
VIERNES	1731	16,0%	1627	14,8%	1940	15,9%	1632	15,7%	1853	16,7%	1942	16,7%	2232	17,3%	14,9%
SABADO	1962	18,1%	1965	17,8%	2087	17,1%	2010	19,4%	2274	20,4%	2322	20,0%	2570	19,9%	10,7%
DOMINGO	1583	14,6%	1668	15,1%	1736	14,2%	1743	16,8%	1841	16,5%	2095	18,0%	2389	18,5%	14,0%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito y No incluye la provincia del Guayas

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR

POR HORA

PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006

HORA	AÑO 2000	%	AÑO 2001	%	AÑO 2002	%	AÑO 2003	%	AÑO 2004	%	AÑO 2005	%	AÑO 2006	%	INCRE/DECRE
T O T A L	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	12893	100,0%	10,9%
0 - 2	368	3,4%	318	2,9%	447	3,7%	396	3,8%	418	3,8%	525	4,5%	539	4,2%	2,7%
2 - 4	482	4,5%	446	4,1%	459	3,8%	438	4,2%	521	4,7%	490	4,2%	572	4,4%	16,7%
4 - 6	374	3,5%	408	3,7%	462	3,8%	418	4,0%	422	3,8%	528	4,5%	586	4,5%	11,0%
6 - 8	944	8,7%	923	8,4%	1019	8,3%	872	8,4%	902	8,1%	983	8,5%	1017	7,9%	3,5%
8 - 10	1262	11,7%	1263	11,5%	1303	10,7%	1183	11,4%	1196	10,8%	1105	9,5%	1203	9,3%	8,9%
10 - 12	1118	10,3%	1122	10,2%	1370	11,2%	1135	10,9%	1202	10,8%	1173	10,1%	1238	9,6%	5,5%
12 - 14	1021	9,4%	1052	9,6%	1220	10,0%	967	9,3%	1079	9,7%	1174	10,1%	1343	10,4%	14,4%
14 - 16	1076	10,0%	1124	10,2%	1233	10,1%	989	9,5%	1067	9,6%	1143	9,8%	1254	9,7%	9,7%
16 - 18	1407	13,0%	1416	12,9%	1448	11,9%	1247	12,0%	1292	11,6%	1255	10,8%	1505	11,7%	19,9%
18 - 20	1362	12,6%	1419	12,9%	1478	12,1%	1150	11,1%	1310	11,8%	1427	12,3%	1622	12,6%	13,7%
20 - 22	856	7,9%	938	8,5%	1117	9,1%	1002	9,7%	1050	9,4%	1186	10,2%	1246	9,7%	5,1%
22 - 24	543	5,0%	581	5,3%	659	5,4%	571	5,5%	665	6,0%	640	5,5%	768	6,0%	20,0%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito y No incluye la provincia del Guayas

Las horas donde se nota las mayores frecuencias de accidentes son desde las 14h00 hasta las 20 h00.

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR
 POR CLASE DEL VEHICULO
 PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006

CLASE VEHICULO	AÑO 2000	%	AÑO 2001	%	AÑO 2002	%	AÑO 2003	%	AÑO 2004	%	AÑO 2005	%	AÑO 2006	%	INCRE/DECRE
T O T A L	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	12893	100,0%	10,9%
AUTOMOVIL	3414	31,6%	3552	32,3%	4229	34,6%	3272	31,6%	3575	32,1%	3465	29,8%	3626	28,1%	4,6%
BUS	1639	15,2%	1524	13,8%	1494	12,2%	1360	13,1%	1488	13,4%	1414	12,2%	1495	11,6%	5,7%
BUSETA FURGONETA	124	1,1%	95	0,9%	134	1,1%	126	1,2%	142	1,3%	166	1,4%	167	1,3%	0,6%
CAMION	875	8,1%	956	8,7%	1031	8,4%	870	8,4%	817	7,3%	879	7,6%	1072	8,3%	22,0%
CAMIONETA	2487	23,0%	2456	22,3%	2585	21,2%	2297	22,2%	2369	21,3%	2582	22,2%	2616	20,3%	1,3%
JEEP	1024	9,5%	1168	10,6%	1392	11,4%	1048	10,1%	985	8,9%	1057	9,1%	1215	9,4%	14,9%
TANQUERO	46	0,4%	39	0,4%	35	0,3%	25	0,2%	41	0,4%	37	0,3%	48	0,4%	29,7%
TRAYLER	201	1,9%	198	1,8%	134	1,1%	142	1,4%	146	1,3%	164	1,4%	204	1,6%	24,4%
YOLQUETA	154	1,4%	166	1,5%	158	1,3%	136	1,3%	125	1,1%	164	1,4%	173	1,3%	5,5%
MOTOCICLETA	213	2,0%	234	2,1%	301	2,5%	395	3,8%	610	5,5%	873	7,5%	1198	9,3%	37,2%
TROLEBUS	26	0,2%	35	0,3%	37	0,3%	28	0,3%	16	0,1%	18	0,2%	19	0,1%	5,6%
ARTICULADO	2	0,0%	0	0,0%	3	0,0%	0	0,0%	1	0,0%	6	0,1%	12	0,1%	100,0%
OTROS(Grua, Wincha)	50	0,5%	37	0,3%	42	0,3%	31	0,3%	48	0,4%	37	0,3%	35	0,3%	-5,4%
NO IDENTIFICADO	558	5,2%	550	5,0%	640	5,2%	638	6,2%	761	6,8%	767	6,6%	1013	7,9%	32,1%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito y No incluye la provincia del Guayas

NUMERO DE ACCIDENTES DE TRANSITO OCURRIDOS EN EL ECUADOR
 POR CATEGORIA DEL CONDUCTOR
 PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS : (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006

CATEG.CONDUCTOR	AÑO 2000	%	AÑO 2001	%	AÑO 2002	%	AÑO 2003	%	AÑO 2004	%	AÑO 2005	%	AÑO 2006	%	INCRE/DECRE
T O T A L	10813	100,0%	11010	100,0%	12215	100,0%	10368	100,0%	11124	100,0%	11629	100,0%	12893	100,0%	10,9%
PRIMERA (E)	2514	23,2%	2394	21,7%	2850	23,3%	2463	23,8%	2429	21,8%	2485	21,4%	2661	20,6%	7,1%
SEGUNDA (D)	876	8,1%	1112	10,1%	1152	9,4%	1079	10,4%	1099	9,9%	1043	9,0%	1119	8,7%	7,3%
TERCERA (C)	533	4,9%	739	6,7%	998	8,2%	752	7,3%	700	6,3%	529	4,5%	430	3,3%	-18,7%
SPORTMAN (B)	2548	23,6%	2884	26,2%	3668	30,0%	2375	22,9%	2297	20,6%	2417	20,8%	2435	18,9%	0,7%
MOTOCICLISTA (A)	163	1,5%	224	2,0%	283	2,3%	392	3,8%	587	5,3%	792	6,8%	968	7,5%	22,2%
SIN CREDENCIALES	946	8,7%	803	7,3%	803	6,6%	861	8,3%	1061	9,5%	1143	9,8%	1407	10,9%	23,1%
NO IDENTIFICADO	3233	29,9%	2854	25,9%	2461	20,1%	2446	23,6%	2951	26,5%	3220	27,7%	3873	30,0%	20,3%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito y No incluye la provincia del Guayas

Los conductores con licencia profesional de primera categoría (primera E) y los de licencia sportman son los mayores participantes en los accidentes.

**DETENIDOS POR CONTRAVENCIONES DE TRANSITO EN EL ECUADOR
POR CONTRAVENCION GRAVE SEGÚN LITERAL
PERIODO COMPARATIVO POR AÑOS: (ENERO - DICIEMBRE) 2000 - 2006**

GRAVES (DETENIDOS)

AÑOS	AÑO 200	%	AÑO 200	%	AÑO 200	%	AÑO 200	%	AÑO 200	%	AÑO 200	%	AÑO 200	%	INCRE/DECRE
ART. 90 LIT.															
TOTAL	7644	100,0%	7303	100,0%	7822	100,0%	12081	100,0%	14722	100,0%	16471	100,0%	20661	100,0%	25,4%
a.- <i>Quien causare un accidente con heridos</i>	1451	19,0%	1806	24,7%	2021	25,8%	2286	18,9%	2705	18,4%	3025	18,4%	3648	17,7%	20,6%
b.- <i>Quien condujere en estado de embriaguez</i>	3272	42,8%	2484	34,0%	2455	31,4%	3775	31,2%	4913	33,4%	5582	33,9%	6199	30,0%	11,1%
c.- <i>Quien estac.en sitios peligr.: curvas, puentes</i>	220	2,9%	277	3,8%	115	1,5%	89	0,7%	149	1,0%	174	1,1%	220	1,1%	26,4%
d.- <i>Quienes rebasen en curvas o sitios peligrosos</i>	550	7,2%	540	7,4%	431	5,5%	517	4,3%	613	4,2%	575	3,5%	770	3,7%	33,9%
e.- <i>Q. causen accid. con her. por cir.seat.coat.</i>	67	0,9%	67	0,9%	23	0,3%	14	0,1%	58	0,4%	389	2,4%	631	3,1%	62,2%
f.- <i>Q. coad. sin haber obt. licencia de conducir</i>	1395	18,2%	1437	19,7%	1618	20,7%	2739	22,7%	2986	20,3%	3575	21,7%	5177	25,1%	44,8%
g.- <i>Quien caus. acc., daños mater. may. 50 SMV</i>	10	0,1%	47	0,6%	46	0,6%	88	0,7%	171	1,2%	274	1,7%	286	1,4%	4,4%
h.- <i>Quien const. reductores de veloc. sin permiso</i>	26	0,3%	34	0,5%	40	0,5%	20	0,2%	10	0,1%	1	0,0%	42	0,2%	4100,0%
i.- <i>Q. rotularea o dañarea las señales de tránsito</i>	1	0,0%	0	0,0%	4	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	5	0,0%	0	0,0%	-100,0%
j.- <i>Quien condujere y dañare las vías</i>	31	0,4%	4	0,1%	2	0,0%	1	0,0%	12	0,1%	3	0,0%	6	0,0%	100,0%
k.- <i>Quien alterare la seguridad en el tránsito</i>	2	0,0%	2	0,0%	9	0,1%	3	0,0%	5	0,0%	24	0,1%	57	0,3%	137,5%
l.- <i>Q. conduca mater. inflamables sin permiso</i>	0	0,0%	3	0,0%	1	0,0%	6	0,0%	13	0,1%	10	0,1%	15	0,1%	50,0%
m.- <i>Los transp.escolares que no porten distintivos</i>	3	0,0%	1	0,0%	2	0,0%	3	0,0%	2	0,0%	1	0,0%	1	0,0%	0,0%
n.- <i>El conductor que transp. exceso de pasajeros</i>	532	7,0%	543	7,4%	317	4,1%	445	3,7%	480	3,3%	446	2,7%	552	2,7%	23,8%
ñ.- <i>Faltar de obra a las autoridades o agentes de T</i>	63	0,8%	19	0,3%	147	1,9%	178	1,5%	102	0,7%	123	0,7%	132	0,6%	7,3%
o.- <i>El coad. que transp. pas. en veh. no autoriz.</i>	0	0,0%	0	0,0%	553	7,1%	1874	15,5%	2455	16,7%	2232	13,6%	2882	13,9%	29,1%
Art. 74 Q. <i>coad. en estado de embri. y caus. muer.</i>	21	0,3%	39	0,5%	38	0,5%	43	0,4%	48	0,3%	32	0,2%	43	0,2%	34,4%

Fuente: Estadísticas de la Dirección Nacional de Tránsito y No incluye la provincia del Guayas

2.3 Estadísticas de la Autopista General Rumiñahui

Estadísticas de la Autopista General Rumiñahui

Or.-	Km	Accidente	Lugar del Accidente	Fecha	Hora	Víctimas		Fuente
						Muerto	Herido	
1		Estrellamiento	Av. Gral. Rumiñahui altura Colegio Farina y puente peatonal	08/01/2006	14h00		1	SgoS. Floresmilto Ortiz Toctaguano
2		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente 8)	11/01/2006	16h30			Sbte Marlon Karolys
3		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Ingreso a Orquídeas)	12/01/2006	18h35			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
4		Estrellamiento y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (entre puentes 4 y 5)	13/01/2006	02h00			CboS. Bonilla Luis
5		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui Puente N.- 2	13/01/2006	07h20		1	Sbte Marlon Karolys
6		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui Av. Simón Bol. Collacoto	14/01/2006	02h35			SboS. Orozco Angel
7		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui Puentes 3 y 2	24/01/2006	11h15			Sbte Marlon Karolys
8		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (puente N.- 2 Ingreso Barricada)	03/02/2006	07h55			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
9		Volcamiento	Intercambiador de la Av. Simon Bolivar	03/02/2006	19h20			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
10		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente 2 ingreso Sauces)	03/02/2006	07h55			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
11		Colisión	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	04/02/2006	20h35			CboS. Bonilla Luis
12		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	05/02/2006	08h30		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
13		Volcamiento y estrellamiento	Av. Simón Bolívar (altura Universidad Internacional)	07/02/2006	02h40		1	CboS. Guaman Gonzalo
14		Estrellamiento y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui Puente N.- 4	13/02/2006	07h00		6	CboS. Mario Angulo
15		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Peaje)	14/02/2006	20h25			Pol. Simbaña Pablo
16		Perdida de pista y estrellamiento	Autopista General Rumiñahui Puente N.- 9	17/02/2006	01h15		2	SboS. Orozco Angel
17		Volcamiento	Intercambiador de la Av. Simon Bolivar	21/02/2006	10H00		2	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
18		Choque lateral	Autopista General Rumiñahui (Puente 8)	25/02/2006	01h50			SboS. Orozco Angel
19		Caída de Pasajero	Autopista General Rumiñahui (Puente de Orquídeas)	26/02/2006	14h10		1	CboS. Milton Chasi
20		Caída de Pasajero	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 6)	28/02/2006	18h15		1	SboS. Segundo Chiluisa
21		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente 8)	28/02/2006	17h40			Sbte Marlon Karolys
22		Estrellamiento y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 4)	01/03/2006	02h35		1	SboS. Orozco Angel
23		Accidente de Tránsito	Autopista General Rumiñahui (puente N.- 2)	05/03/2006	03h30		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
24		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 2)	05/03/2006	03h30		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
25		Rozamiento	Autopista Gral Rumiñahui (El Trebol)	10/03/2006	20h15			Pol. Manobanda Vladimir
26		Colisión	Av. General Rumiñahui	10/03/2006	19h50		1	SboS. Orozco Angel
27		Colisión	Autopista General Rumiñahui (Jardin del Valle)	11/03/2006	12h45		3	SboS. Orozco Angel
28		Rozamiento	Autopista Gral Rumiñahui (Sector Jardín del Valle)	16/03/2006	07h00			Pol. Azmaza Marco
29		Colisión	Av. General Rumiñahui frente al Banco Bolivariano	17/03/2006	10h00			DgoP. José de la Cruz
30		Colisión	Av. General Rumiñahui e Isla Baltra	31/03/2006	22h00		1	CboS. Jofre Iglesias
31		Rozamiento	Autopista General Rumiñahui (Sector Madrigal)	06/04/2006	10h55			CboS. Juan A. Villano
32		Colisión	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	11/04/2006	13h45			Pol. Rodrigo Arias
33		Estrellamiento y Colisión	Autopista General Rumiñahui (Intercambiador de Conocoma)	13/04/2006	20h20			CboS. Milton Chasi
34		Atropello	Autopista General Rumiñahui (Antiguo Peaje)	18/04/2006	20h58		1	CboS. Luis Bonilla
35		Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 1)	19/04/2006	16h00		1	SboS. Orozco Angel
36		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 9)	22/04/2006	03h20			SboS. Orozco Angel
37		Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui Sector Paluco	26/04/2006	21h10		1	SboS. Orozco Angel
38		Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 1 y 2)	07/05/2006	00h10			SubS. Angel Ruperto
39		Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Intercam. Puente 8)	07/05/2006	05h20			SubS. Angel Ruperto

Fuente: Archivos del Grupo de Tránsito de Pichincha

Estadísticas de la Autopista General Rumiñahui

40	Choque lateral	Autopista General Rumiñahui (Intercam. Puente 8)	08/05/2006	16h05			Subte Luis Vinueza
41	Choque lateral angular	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 3)	11/05/2006	09h20			SubS. Angel Ruperto
42	Choque por alcance	Peaje Autopista General Rumiñahui	13/05/2006	17h00			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
43	Choque por alcance	Peaje Autopista General Rumiñahui	13/05/2006	17h00			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
44	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 3 y 4)	13/05/2006	05h20			CboS. Juan A. Villano
45	Atropello y muerte	Autopista General Rumiñahui (Puente 8)	17/05/2006	04h40	1		CboS. Luis Bonilla
46	Colisión	Autopista General Rumiñahui e Isla San Cristobal	22/05/2006	08h15		1	CboS. Alex Nacata
47	Choque lateral y perdida de pista	Autopista General Rumiñahui (entre puentes 6 y 5)	28/05/2006	15h03		3	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
48	Choque lateral y perdida de pista	Autopista General Rumiñahui (Puentes 6 y 5)	28/05/2006	15h30		3	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
49	Atropello	Autopista General Rumiñahui (antiguo peaje)	19/06/2006	15h15		2	CboP. Franklin Simbaña
50	Colisión	Autopista General Rumiñahui (Sector Orquideas)	23/06/2006	08h30			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
51	Colisión	Autopista General Rumiñahui (Sector Orquideas)	23/06/2006	08h30			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
52	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (entre puentes 4 y 5)	24/06/2006	04h00			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
53	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puentes 4 y 5)	24/06/2006	04h00			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
54	Rozamiento y Caída de moto	Autopista General Rumiñahui Sector Paluco	27/06/2006	05h30		1	CboS. Miguel Bermeo
55	Colisión	Autopista General Rumiñahui (Sector Monjas)	28/06/2006	20h30			SubS. Angel Ruperto
56	Rozamiento	Autopista General Rumiñahui y Velazco Ibarra	05/07/2006	09h00			Poli Brito William
57	Atropello y muerte	Autopista General Rumiñahui (Puente 6 y 7)	07/07/2006	19h00	1		CboS. Luis Bonilla
58	Perdida de pista y volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente Nro. 4)	08/07/2006	14h10		1	CboS. Luis Bonilla
59	Atropello y muerte	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8)	08/07/2006	20h30	1		SubS. Angel Ruperto
60	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Sector la Orquideas)	11/07/2006	09h10			Poli Edgar Ganchala
61	Colisión	Autopista General Rumiñahui e isla Genoveza	12/07/2006	13h30			CboP. Lenin Torres
62	Choque lateral y volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente Nro. 8)	13/07/2006	07h30		1	SubS. Angel Ruperto
63	Atropello	Autopista General Rumiñahui (antiguo peaje)	14/07/2006	06h10		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
64	Atropello	Autopista General Rumiñahui (antiguo peaje)	14/07/2006	06h10		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
65	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Puente 9 y 8)	15/07/2006	11h55		1	SubS. Angel Ruperto
66	Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Sector Bolivar Rodriguez)	16/07/2006	15h00		3	SubS. Angel Ruperto
67	Atropello	Intercambiador Conocoto (Autopista Gral. Rumiñahui)	04/08/2006	21h10		1	CboS. Juan A. Villano
68	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Intercambiador Conocoto)	05/08/2006	19h10		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
69	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Intercambiador Conocoto)	05/08/2006	19h15		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
70	Accidente de Tránsito	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	07/08/2006	04h45	1	1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
71	Accidente de Tránsito	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8)	07/08/2006	04h45	1	1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
72	Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Intercambiador Conocoto)	07/08/2006	24h20			CboS. Juan A. Villano
73	Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puentes 3 y 4)	09/08/2006	20h30			SubS. Angel Orozco
74	Atropello y muerte	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 2)	11/08/2006	20h10		1	SubS. Angel Orozco
75	Choque y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Sector Bolivar Rodriguez)	14/08/2006	20h30		2	SubS. Angel Guaño
76	Volcamiento	Av. Simon Bolivar (Sector intercambiador y autopista GF)	16/08/2006	09h40			CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
77	Volcamiento	Av. Simon Bolivar (Intercambiador Av. gral. Rumiñahui)	16/08/2006	09h40		1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
78	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	19/08/2006	23h00		2	CboS. Juan A. Villano
79	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8)	19/08/2006	01h45		1	CboS. Juan A. Villano
80	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (antiguo peaje)	23/08/2006	14h45		2	Sbte. Daniel A. Chiriboga
81	Choque	Gral Rumiñahui y Av. Ilalo	29/08/2006	22h05			SqtoP. Martinez Cortez
82	Choque lateral	Av. Simón Bolívar (sector Universidad Internacional)	01/09/2006	07h30		4	CboP. Ramiro Fuel
83	Atropello	Av. General Rumiñahui	03/09/2006	02h10		1	CboP. Aviles Juan
84	Choque y Volcamiento	Av. Simón Bolívar (sector Universidad Internacional)	05/09/2006	08h05		1	SboP. Sarango José
85	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (filtros de peaje)	08/09/2006	09h45			CboS Luis Bonilla

Fuente: Archivos del Grupo de Tránsito de Pichincha

Estadísticas de la Autopista General Rumiñahui

85	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (filtros de peaje)	08/09/2006	09h45			CboS Luis Bonilla
86	Choque lateral perpendicular	Av. General Rumiñahui y Novena Transversal	10/09/2006	16h00			CboS. Alex Nacata
87	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente 3)	14/09/2006	08h30			SboS. Angel Orozco
88	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (aprox. A 3000mts. Trebol)	14/09/2006	11h45		1	SboS. Edison Defaz
89	Choque por alcance y abandono de	Autopista General Rumiñahui (peaje)	15/09/2006	23h50			Polí Giovanni Ganchala
90	Choque lateral perpendicular	Av. Simón Bolívar (sector Universidad Internacional)	18/09/2006	17h20		1	Sbte. Andres Castaña
91	Perdida de pista y estrellamiento	Av. Simón Bolívar (Altura Constructora Heroisa Crespo)	18/09/2006	15h00		1	CboP. Angel Pasto
92	Accidente	Autopista General Rumiñahui (filtros de peaje)	22/09/2006	19h30			SboS. Angel Orozco
93	Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente 4)	23/09/2006	15h30		1	SboS. Angel Orozco
94	Choque lateral y vehículo abandon	Autopista General Rumiñahui (Antiguo peaje)	25/09/2006	19h15			CboS. Juan A. Villano
95	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Sector el Triángulo)	30/09/2006	01h45		1	CboP. Juan Sosa
96	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Puente Av. Simón Bolívar	18/10/2006	18h50		1	CboS. Luis Bonilla
97	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente 8)	19/10/2006	07h40		4	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
98	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8)	19/10/2006	07h40		5	CboP. Ramiro Fuel
99	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Antiguo Peaje)	20/10/2006	20h45		1	Polí José Arias
100	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puentes N.- 3 y 2)	20/10/2006	20h55		1	CboS. Miguel Bermeo
101	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puentes N.- 7 y 8)	30/10/2006	15h30			CboS. Milton Chasi
102	Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 2 y 3)	08/11/2006	02h45		1	CboS. Milton Chasi
103	Colisión y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 2)	15/11/2006	16h15			P.N. José Arias
104	Estrellamiento y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8)	17/11/2006	04h55			SboS. Angel Orozco
105	Colisión	Autopista General Rumiñahui (Sector peaje)	18/11/2006	14h40			CboS. Luis Bonilla
106	Volcamiento y estrellamiento	Av. Simon Bolívar (sector Univ. Internacional)	19/11/2006	03h15		2	CboS. Miguel Bermeo
107	Choque lateral	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	20/11/2006	14h55		3	CboS. Juan A. Villano
108	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (sector de Paluco)	21/11/2006	20h45			Polí. José Arias
109	Colision y Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.-9)	23/11/2006	16h45		1	CboS. Luis Bonilla
110	Choque	Av. Gral. Rumiñahui e Isla Genovesa (frente pizza Hut)	23/11/2006	21h50		1	SboS. Tito Zurita
111	Choque lateral	Autopista General Rumiñahui (Entrada Guano Polo P-3)	24/11/2006	13h05			CboS. Juan A. Villano
112	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente N.-1)	30/11/2006	12h00			CboS. Juan A. Villano
113	Rozamiento	Autopista General Rumiñahui (peaje)	01/12/2006	20h30			Polí José Arias
114	Rozé negativo en movimiento	Autopista General Rumiñahui (Sector el Trebol)	01/12/2006	08h10			Polí Miguel Yumi
115	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui e Isla Baltra	02/12/2006	10h05			CboP. Malusin Hector
116	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Intercambiador Simón Bol	02/12/2006	14h25		1	CboS. Luis Bonilla
117	Choque por alcance lateral	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 2)	03/12/2006	13h40		1	CboS. Miguel Bermeo
118	Estrellamiento	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 5)	04/12/2006	07h20			CboS. Juan A. Villano
119	Colisión	Autopista General Rumiñahui (Sector Paluco)	07/12/2006	19h00		2	CboS. Milton Chasi
120	Atropello y muerte	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 5 y 6)	10/12/2006	22h30		1	SboS. Angel Orozco
121	Colisión	Autopista General Rumiñahui (Sector del Madrigal)	11/12/2006	19h40			CboS. Luis Bonilla
122	Estrellamiento y Volcamiento	Av. Simon Bolívar (Sector Universidad Internacional	16/12/2006	19h00	1	1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
123	Perdida de pista y estrellamiento	Av. Simon Bolívar (Sector Universidad Internacional	16/12/2006	02h00		2	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
124	Perdida de pista y estrellamiento	Sector de la Universidad Internacional	16/12/2006	02h00		2	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
125	Estrellamiento y Volcamiento	Av. Simon Bolívar (sector Univ. Internacional)	16/12/2006	19h00	1	1	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
126	Perdida de pista y estrellamiento	Av. Simon Bolívar (sector Univ. Internacional)	16/12/2006	02h00		2	CboP. Fernando Ramiro Fuel Hurtado
127	Estrellamiento	Av. Simon Bolívar (sector Univ. Internacional)	18/12/2006	15h25			SboS. Angel Orozco
128	Volcamiento	Autopista General Rumiñahui (Antiguo peaje)	20/12/2006	01h15			SgoP. Berrezueta Juan
129	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 4)	23/12/2006	14h20			CboS. Juan A. Villano
130	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8 y 9)	26/12/2006	21h10		2	CboS. Juan A. Villano

Fuente: Archivos del Grupo de Tránsito de Pichincha

Estadísticas de la Autopista General Rumiñahui

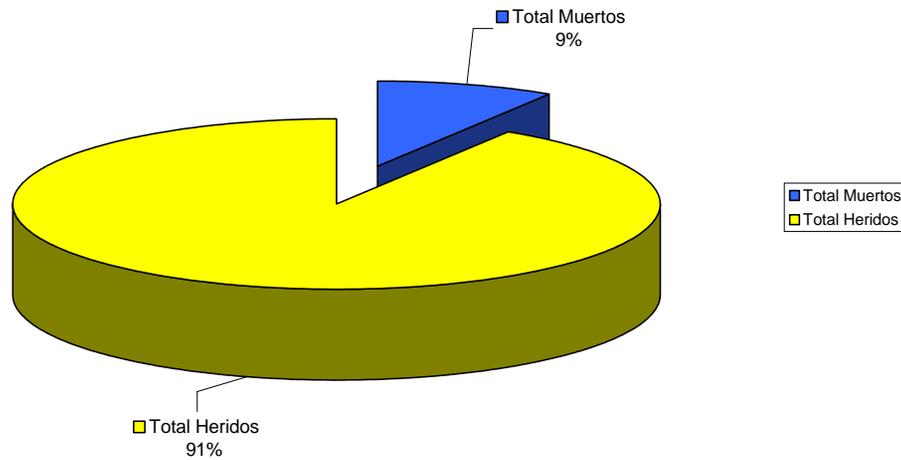
131	Choque por alcance	Autopista General Rumiñahui (Sector Orquideas)	27/12/2006	19h35	1	CboP. Fernando Ramiro Fiel Hurtado
132	Atropello	Autopista General Rumiñahui (Puente N.- 8)	27/12/2006	18h00	2	CboS. Mguel Bermeo

Fuente: Archivos del Grupo de Tránsito de Pichincha

Total Accidentes año 2.006 Fuente G.T. Pichincha	132
Total Muertos	10
Total Heridos	104

Accidentes Autopista General Rumiñahui en el 2006

De 132 Accidentes; con Partes correspondientes al año 2.006, registrados en el archivo del Grupo de Tránsito de la Policía Nacional en Quito.



CAPITULO III

CAUSAS DE ACCIDENTES EN RELACIÓN CON LA VÍA

3.1 Definición de ingeniería de tránsito

Es importante, en este punto, definir a la Ingeniería de tránsito, que es el ámbito en el cual nos vamos a mover al tratar los temas de esta trabajo; ha sido definida como: “La rama de la Ingeniería relacionada con la planeación, proyecto geométrico y la operación vehicular de calles y carreteras, terminales, colindancias y correspondencias con otros modos de transporte, con el fin de lograr la seguridad, eficiencia y movimiento adecuado de personas y cosas”².

La Ingeniería de Tránsito además de tratar con factores físicos o técnicos, también trata con los deseos y la cultura de conductores y peatones, ósea el usuario.

3.2 El usuario

Esta denominación utilizaremos para todas aquellas personas que hacen uso de la infraestructura vial proporcionada por la Ingeniería de Tránsito y de transportes, ósea el conductor y el peatón. El usuario junto con el vehículo y la vía constituyen los tres elementos con que básicamente trabaja la Ingeniería de Tránsito.

Debido a la importancia que tiene la conducta del usuario en el tráfico vehicular, todos los proyectos o leyes que se realicen para regular el tránsito deben tomar en cuenta los deseos de la colectividad, de esa forma se tiende a minimizar las desobediencias que pudieran tener consecuencias fatales. Las leyes y reglamentos deben ser discutidas suficientemente, desde distintos puntos de vista y con la intervención de la mayoría de los involucrados en la materia, para que exista aceptación y cumplimiento.

3.3 El usuario como conductor

En su generalidad los accidentes de tránsito son provocados, por errores o deficiencias del hombre. Normalmente las deficiencias físicas poco influyen en

² Una fisonomía de la Ingeniería de tránsito, Leonardo Lazo Margáin, Gilberto Sánchez Ángeles, Pág.38

este fenómeno, ya que pueden ser compensadas si el conductor guarda una mayor precaución y respeto por la normatividad.

Entre las características esenciales podemos mencionar las siguientes:

a) La reacción a estímulos externos

Que comprende una serie de eventos secuenciales relacionados con las capacidades mentales y físicas del ser humano. La secuencia es la siguiente:

Percepción - identificación – juicio – reacción

La percepción se refiere a la observación del estímulo en conjunto con otros objetos visualizados, aunque sea con la visión periférica.

La identificación es el acto de relacionar o de entender el estímulo en su contexto.

El juicio o determinación, es el acto de analizar el objeto identificado y tomar una decisión.

La reacción comprende la ejecución de la decisión tomada, mediante actos y movimientos coordinados y razonables.

Todos los eventos anteriores requieren de un tiempo, llamado tiempo de reacción, el es menor o mayor de acuerdo a las capacidades mentales y físicas y la complejidad del juicio que se emita acerca de lo que esta sucediendo.

Existen factores de origen visual que afectan a la percepción o identificación:

b) La agudeza visual

Esta característica física se refiere a la mayor o menor claridad de visibilidad y depende de una variedad de factores físicos y de concentración. La mayor agudeza visual se encuentra dentro de un ángulo de 3 a 5 grados, aun cuando en ángulos de 10 a 12 grados todavía se puede percibir con claridad los objetos que se encuentran en ese ángulo de cobertura. La agudeza visual debe tomarse muy cuenta para la instalación de los dispositivos de control, tal como semáforos, señalización vertical restrictiva e informativa.

c) Visión periférica

Este concepto se refiere al campo de visión del individuo, dentro del cual puede percibir objetos, sin precisión de detalles o de color. Un cono normal de visión periférica varía de 120 a 180 grados. Sin embargo hay que tomar en cuenta que de acuerdo a estudios médicos, a partir de los 60 años las personas empiezan una pérdida progresiva de la visión periférica.

d) Profundidad de la percepción

Esta facultad de la visión está relacionada con la habilidad para estimar distancias y velocidades. Esta facultad ayuda a estimar la distancia de visibilidad de rebase y de frenado.

e) Deslumbramiento y recuperación

La edad del conductor es un factor que afecta en gran medida estas características. En términos generales con la edad disminuye la capacidad de visión nocturna. Médicamente se ha determinado que existe un cambio marcado de sensibilidad al deslumbramiento a partir de la edad de 40 años.

f) Percepción del color y la audición

Estos dos factores pueden ser compensados por los conductores, la ceguera a ciertos colores (daltonismo) puede ser superada mediante el aprendizaje de otros medios de reconocimiento de semáforos y de señales. En cuanto a la audición, en la actualidad existen aparatos especiales que compensan en buena forma este defecto.

g) Otras características propias del conductor

Entre las más importantes están el comportamiento del conductor, su educación, costumbres, tendencia al respeto o no de las leyes y reglamentos de tránsito, la tensión, horas de manejo (la fatiga).

3.4 El peatón

Al utilizar un sistema de calles y carreteras para el traslado de personas y bienes, el peatón como usuario de un sistema vial, debe ser considerado como un condicionante importante dentro de un proyecto; está expuesto a un sinnúmero

de peligros, por lo tanto es necesario protegerlo mediante aceras, cruces zebras, semáforos, barreras peatonales, Zonas de Seguridad, pasos a desnivel, iluminación. Atenciones especiales merecen los peatones discapacitados.

3.5 El vehículo

Desde tiempos remotos las ciudades se construyen con escasas y estrechas vías, con demasiados cruces y accesos, con salidas múltiples y sin la suficiente previsión de espacios para el estacionamiento; el vehículo es un elemento nuevo en el convivir social. Esta falta de previsión y de correspondencia directa entre el crecimiento vehicular y vías ha hecho que existan grandes congestiones, accidentes, desesperación de conductores y crítica para los planificadores, autoridades locales y de tránsito. “En particular, la capital de la República Mexicana, la cual es una de las ciudades más grandes del mundo, tiene un incremento anual del 12.0 por ciento, valor muy superior a la tasa de incremento anual de población, la cual es del 5.0 por ciento”³.

Por lo anteriormente descrito, el vehículo es el principal elemento que debe ser tomado en cuenta para los proyectos de vialidad y los servicios complementarios para la demanda vehicular que existirá, lo cual redundará en una operación balanceada oferta – demanda.

3.6 La Vía

3.6.1 Clasificación de la red vial según el Ministerio de Obras Públicas

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones mediante Acuerdo Ministerial, a fin de evitar confusiones, reclasifica las vías, según su jurisdicción:

“Art.1.- La Red Vial Nacional se clasifica según su jurisdicción en: Red Vial Estatal, red Vial Provincial y Red Vial Cantonal”.

“Art. 2.- La Red Vial Nacional es el conjunto total de las carreteras, existentes en el territorio ecuatoriano”.

³ Una fisonomía de la Ingeniería de tránsito, Lazo Margáin – Sánchez Ángeles, Pág. 47

“Art. 3.- La Red Estatal esta constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, siendo la única entidad responsable del manejo y control”.

“Art. 4.- La Red Provincial es el conjunto de vías administradas por cada uno de los Consejos Provinciales”.

“Art. 5.- La Red Cantonal es el conjunto de vías urbanas e ínter parroquiales administradas por cada uno de los Consejos Municipales”.

“Art. 7.- Dentro de cada jurisdicción, las vías se clasifican a su vez, según sus funciones en Corredores Arteriales, Vías Colectoras y Vías Locales”

“Art. 8.- Dentro de la jurisdicción de la Red Vial Estatal, se definen los corredores arteriales a los caminos de alta jerarquía funcional, los mismos que se constituyen por aquellos que conectan, en el continente, a las capitales de provincia, a los principales puertos marítimos con los del Oriente, pasos de frontera, que sirven para viajes de larga distancia y que deben tener alta movilidad, accesibilidad reducida y/o controlada en su recorrido, giros y maniobras controlados, y estándares geométricos adecuados para proporcionar una operación de tráfico eficiente y segura”⁴

3.6.2 Clasificación operacional de la red vial

Un inventario esencial para estudios de tránsito, en cualquier área, ya sea urbana o rural, independientemente de su tamaño, es uno que muestre la clasificación de la red vial. El Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paúl C. Box y Joseph C. Oppenlander, Ph.D., sugiere la siguiente clasificación y definiciones:

a) Autopistas o vías rápidas.- Son aquellas que tienen una capacidad para un gran volumen de tráfico entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o áreas urbanas. “Las autopistas o vías rápidas son caminos divididos con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos; en tanto que una vía rápida puede o no, tener algunas soluciones a desnivel y puede ser la etapa anterior de una autopista”. Ambos tipos de vías

⁴ Ministerio de Obras Públicas y C. Acuerdo 001 del 12 de enero del 2001

forman parte de la red vial primaria de un área urbana. En planos de la red deben emplearse símbolos diferentes para la identificación de las autopistas y de las vías rápidas.

b) Carreteras o calles principales.- “Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Estas calles tienen como función secundaria, proporcionar acceso a las propiedades colindantes. Las calles principales están por consiguiente, sujetas al control y reglamentación de: los movimientos direccionales, el estacionamiento, y las entradas a los predios. Con frecuencia son caminos divididos y pueden tener control parcial de sus accesos.”

c) Calles colectoras.- “Son las que ligan las calles locales, con las calles principales y carreteras más próximas. Además estas calles proporcionan acceso las propiedades colindantes.”

d) Calles locales.- “Proporcionan acceso directo a las propiedades, ya sean habitacionales, comerciales, industriales o de algún otro uso, además de facilitar el tránsito local y se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las principales.”

3.6.3 Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico.

Para el diseño de carreteras en el país, se recomienda la clasificación en función del pronóstico de tráfico para un período de 15 ó 20 años que se muestra en el Cuadro III-1 de la página siguiente.

Cuadro III-1

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.	

Clase de carretera

En el Ecuador, el MOP ha clasificado tradicionalmente las carreteras de acuerdo a un cierto grado de importancia basado más en el volumen del tráfico y el número de calzadas requerido que en su función jerárquica. Aquí se incorpora este criterio que cimentará las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio. El cuadro III-2 presenta la relación entre la función jerárquica y la clasificación de las carreteras según el MOP.

CUADRO III-2 RELACION FUNCION, CLASE MOP Y TRAFICO

FUNCION	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
VECINAL	IV	100 – 300
	V	< 100

Notas:

(1) De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil.

(2) RI - RII - Autopistas.

De acuerdo a la jerarquía atribuida en la red, las carreteras deberán ser diseñadas con las características geométricas correspondientes a su clase y construirse por etapas en función del incremento del tráfico.

3.6.3.1. Corredores arteriales Estos corredores pueden ser carreteras de calzadas separadas (autopistas) y de calzada única (Clase I y II). Dentro del grupo de autopistas, éstas tendrán un control total de accesos y cuyo uso puede ser prohibido a cierta clase de usuarios y de vehículos. Dentro del segundo grupo de arteriales (Clase I y II) que son la mayoría de las carreteras, éstas mantendrán una sola superficie acondicionada de la vía con dos carriles destinados a la circulación de vehículos en ambos sentidos y con adecuados espaldones a cada lado; incluirá además pero en forma eventual, zonas suplementarias en las que se asientan carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y sus accesos que se realizan a través de vías de servicio y rampas de ingreso/salida adecuadamente diseñadas.

3.6.3.2. Vías colectoras Estas vías son las carreteras de clase I, II, III y IV de acuerdo a su importancia que están destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales. Sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.

3.6.3.3 Caminos vecinales Estas vías son las carreteras de clase IV y V que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores.⁵

3.6.4 La Vía: proyecto geométrico

El proyecto geométrico de una calle o de una carretera esta constituido por todos los recursos visibles de ellas y que indudablemente están influyendo en su diseño:

- El alineamiento vertical
- El alineamiento horizontal
- Diferentes elementos de la sección transversal
- La distancia de visibilidad tanto de parada como de rebase
- Las intersecciones

El proyecto de una vía tiene una relación muy íntima con la capacidad y las limitaciones del usuario y del vehículo. Para arrancar un proyecto debemos analizar ¿Quién usará la vía y con que frecuencia? .Tres factores principales son los que nos darán las características de la vía, a fin de que brinde seguridad, eficiencia y economía al usuario, siendo estos:

- Volúmenes de tránsito
- composición vehicular y
- velocidad.

También es importante tomar en cuenta el aspecto ambiental, arborización, jardinería y en general que las vías presenten un aspecto agradable tanto para el usuario como para los residentes aledaños.

3.6.5 Accidentes en relación con la sección transversal

3.6.5.1 Elementos de la sección transversal de la vía

Los diferentes elementos que conforman la sección transversal de una vía, ya sea calle o carretera estarán determinados por el uso a que serán destinados. Los caminos que soportan grandes flujos de tránsito necesariamente deberán tener características tales como: mayor número de carriles, pendientes y curvas más suaves, espaldones más anchos, etc., que aquellos en que el flujo

⁵ Normas de Diseño Geométrico 2003 (MOP)

vehicular sea menor y las velocidades de proyecto más bajas. Los elementos propiamente de la vía son entre otros:

- a) La vía o el camino propiamente dicho, con su superficie de rodamiento.
 - b) Anchura
 - c) Pendiente transversal
 - d) Espaldones
 - e) Número de carriles por cada sentido del tránsito
- Elementos adyacentes al camino, tal como:
- f) Acotamientos
 - g) Banquetas o aceras
 - h) Cunetas
 - i) Fajas separadoras centrales o laterales y
 - j) Otros

a) Superficie de rodamiento

Los pavimentos de una superficie de rodamiento pueden clasificarse en tres categorías de acuerdo a la calidad, pueden ser de calidad alta, intermedia o de baja calidad, obviamente las vías con altos volúmenes de tránsito requieren superficies de rodamiento uniformes y con materiales de mejor calidad, pues pavimentos más rugosos tienden a disminuir la velocidad de operación de los vehículos. Una superficie uniforme permite que exista poca resistencia de fricción al agua superficial y que por lo tanto sea eliminada rápidamente, aun con pendientes laterales suaves. Otra consideración importante para una circulación segura es que los pavimentos claros (tendiendo a negros) son más visibles en la noche y ofrecen mayor contraste con objetos ajenos al camino, por esto es que los acotamientos deben ser de colores contrastantes con la superficie de rodamiento.

b) Ancho de carriles

Se han realizado estudios para establecer el ancho de un carril, tratando de que exista un equilibrio entre la seguridad y el costo de la obra, sin embargo también es importante tomar en consideración el costo de los accidentes. Por lo general se reconoce que un carril más ancho es más seguro. En un análisis realizado en el Estado de Michigan, al estimar el costo de los accidentes,

concluyo que el ahorro por su reducción compensaba el costo de ampliar la calzada de 5.50 a 6.10.

Si bien es cierto que existen razones económicas para la construcción de calzadas anchas, también existen razones técnicas de operación para tener cuidado en la anchura de los carriles de rodamiento. Cuando los carriles de circulación son menores a un ideal establecido, se da un decremento en la capacidad de la vía, por instinto de conservación al sentirse el conductor en vías o carriles estrechos disminuirá la velocidad, en cambio cuando hay demasiada libertad de movimientos existe la tendencia a efectuar maniobras impropias y a tomar el carril como que fuera múltiple y el usuario formará, de hecho, otro carril, con peligro de colisiones.

La anchuras de carril generalmente empleadas son de: 3.05, 3.20, 3.35, 3.50, pero el más aceptado por acercarse al ideal para el tránsito mixto de alta velocidad es de 3.65 m.

La relación del ancho de la vía con los accidentes de tránsito, fueron respaldados por investigaciones de “antes” y “después”. Los resultados del Interstate Accident Study, un estudio similar realizado tanto en Minnesota como en Inglaterra, dieron resultados sorprendentemente parecidos, comprobándose la reducción de los accidentes al ensancharse la superficie de rodamiento.

El efecto combinado del ancho del carril y la distancia libre lateral de la carretera en la capacidad y el volumen de servicio, se muestran en la tabla 3-1, los porcentajes indican la dramática reducción en la capacidad vial para carriles angostos en carreteras de dos y de cuatro carriles. La tabla también muestra la sensibilidad de la capacidad con las construcciones adjuntas, tales como muros de retención, estructuras de puentes, y vehículos estacionados.

En investigaciones de carreteras de dos carriles que habían sido ampliados de 5.50 a 6.70m, habiendo excluido los accidentes durante la construcción o al realizar trabajos de conservación, así como en las entradas y salidas de los entronques, se encontró reducciones en los índices de los accidentes, después del ensanchamiento, que variaron del 21.5% para caminos de bajos volúmenes hasta el 46.6% para caminos de altos volúmenes. Entonces se concluyo que el ensanchamiento fue muy efectivo en tramos de altos volúmenes y altos índices de accidentes, en la tabla 3-2 se muestra resultados de la investigación.

**TABLA 3.1 EFECTO DEL ANCHO DEL CARRIL Y EL
ESPACIO LATERAL RESTRINGIDO EN LA CAPACIDAD Y EL
VOLUMEN DE SERVICIO**

FLUJO CONTINUO – NIVEL DE SERVICIO B – pavimentos de calidad superior						
Capacidad de tránsito de un carril en función de su ancho expresado en porcentaje de la capacidad de un carril de 12 pies de ancho bajo condiciones ideales						
Distancia a la Obstrucción	Obstrucción en un lado *			Obstrucción en ambos lados *		
	12	11	10	12	11	10
6	100	86	77	100	86	77
4	96	83	74	92	79	71
2	91	78	70	81	70	63
0	85	73	66	70	60	54
Cuatro carriles (sin dividir, un solo sentido)						
6	100	95	89			
4	98	94	88			
2	95	92	86			
0	88	85	80			

- Las obstrucciones incluyen las paredes de retención, de puentes, postes de luz vehículos estacionados, u otras cosas que limiten el espacio lateral.

TABLA No. 3.2 REDUCCIÓN DE ACCIDENTES

ÍNDICE ORIGINAL ACCIDENTES VEHÍCULOS – KM	% DE REDUCCIÓN	VOLÚM. ORIGINAL DE TRANSITO (TPDA)
Menor de 2.4.....	21.5	2170
De 2.4 a 3.0.....	25.2	2284
De 3.0 a 3.8.....	34.4	2700
De 4.0 y más.....	46.5	3006

“Los carriles auxiliares, tales como los carriles de aceleración y desaceleración en intersecciones o intercambiadores de tránsito, deben ser de igual ancho que los carriles de flujo, pero no menores de 3.05 metros”⁶

c) Pendiente transversal

Este elemento se caracteriza por tener un punto de altura máxima que corresponde al centro del camino, ya sea de dos carriles o de carriles múltiples, con circulación en ambos sentidos, a partir del cual corren pendientes descendentes hacia las orillas del camino, con el objeto de facilitar el drenaje del agua superficial. Cuando se trata de caminos divididos, cada uno de ellos puede ser tratado como si fuera un camino con doble sentido de tránsito.

La pendiente transversal tiene suma importancia sobre todo cuando el alineamiento horizontal de la vía esta formado por tangentes y curvas continuas. En este caso la pendiente transversal debe ser de tal manera que permita la circulación de los automotores a una velocidad determinada. Por lo tanto la pendiente transversal variará desde un mínimo que permita escurrir el agua superficial hacia las orillas y que corresponderá a alineamientos rectos, hasta un valor determinado, de acuerdo con las características geométricas de la curva. En el caso de la curva la pendiente transversal tendrá una sola inclinación que permite contrarrestar la fuerza centrífuga de los vehículos.

⁶ Fundamentos de Ingeniería de Ingeniería de Tránsito, del Dpto. de Entrenamiento de Transporte del Servicio de Extensión de Ingeniería de Texas, Pág.5 - 14

La pendiente transversal varía desde un mínimo de 1.0% para pavimentos de excelente calidad hasta un 2.0%.

d) Espaldones

Los espaldones o acotamientos son elementos de la sección transversal que indirectamente elevan la capacidad de la vía. Sirven para paradas de emergencia y como soporte del cuerpo de la superficie de rodamiento.

Varían de un mínimo de 1.20 metros hasta un ideal de 3.65 cuando el camino soporte grandes volúmenes de tránsito y altas velocidades de operación. La inclusión de los espaldones queda determinada por los dos elementos anteriores, y además por la composición vehicular y tipo de terreno en que se aloja la superficie de rodamiento.

Cualquier teoría general sobre frecuencia de accidentes contemplará que los espaldones más anchos prestarán un servicio con mayor seguridad, porque significan un espacio mayor para maniobras, mejor visibilidad y área de estacionamiento para vehículos descompuestos fuera de la superficie de rodamiento.

Con el fin de ahorrar costos anteriormente los espaldones se construían de tierra y grava, lo cual desembocaba en peligros, debido a que los vehículos, especialmente al tratar de volver a la superficie de rodamiento, se atascaban. En la actualidad se construyen espaldones transitables todo el tiempo, lo cual también tiene la ventaja de un fácil mantenimiento.

Experiencias norteamericanas indican que se deben construir espaldones proporcionales de 2.45 a 3.65 metros, cuando el volumen horario de una vía excede de 100 vehículos por hora. Debe tenerse cuidado al diseñarse el proyecto para que el elemento espaldón tenga la suficiente pendiente para que desaloje el agua superficial sin que constituyan un peligro para el eventual uso de vehículos.

Un estudio que abarco 853 Km. de carreteras de 2 carriles en California, concluyo que para volúmenes de tránsito similares, los espaldones de 1.80 m de ancho eran más seguros que los espaldones más estrechos y para volúmenes mayores a 5.000 vehículos por día, más seguros que los espaldones más anchos. Estos datos fueron obtenidos en tramos de caminos

predominantemente rectos y a nivel, sin estructuras o intersecciones. Tramos que tenían demasiadas curvas o muy cerradas fueron excluidos.

Así mismo otros estudios han demostrado una clara reducción de los accidentes con un mayor ancho de espaldón. Especialmente se nota la reducción en tramos con curvas y con pendientes.

Al estudiar carreteras de dos carriles con espaldones de grava, en Obregón, Estados Unidos, se concluyó que los índices de accidentes tienen relación con el ancho del espaldón, en la mayoría de los índices de volúmenes.

Al estudiar la relación entre los accidentes y el ancho del espaldón en el estado de Nueva York, los investigadores separaron más tramos de carretera de acuerdo con la curvatura y la pendiente y encontraron que los índices de accidentes en tramos con curvas y/o en pendientes, eran mucho más altos que en tramos de tangentes a nivel. También se encontró que los tramos con espaldones más anchos tenían índices mucho más bajos que aquellos con espaldones estrechos.

En otro estudio en Virginia realizado en un tramo de 24 Km. de carretera con una calzada de 6.10 m., los espaldones que variaban desde 0.30 a 1.20 de ancho, fueron ampliados a un ancho uniforme de 1.80 m. a los cuales se dio un tratamiento superficial con un ancho de 1.20 m. En años anteriores al ensanchamiento hubo 102 accidentes; en los dos años posteriores al ensanchamiento sólo se registraron 69. El índice de accidentes por millón de vehículos-kilómetros se redujo de 1.71 a 1.16 para esos mismo periodos.

Hay varias razones para explicar la disminución de accidentes cuando se amplía el espaldón, entre las más importante están las siguientes:

- Desaparece el temor del conductor para orillarse, lo cual le permite concentrarse en otros problemas o detalles
- Se aumenta la separación entre dos vehículos que se cruzan
- Se reduce el peligro con respecto a vehículos estacionados
- La salida y entrada a la superficie de rodamiento es menos riesgosa
- Se obtiene una mayor seguridad en el ingreso y salida en las intersecciones.

Hay que tomar en cuenta que un alto porcentaje de accidentes ocurren cuando vehículos se salen del camino. Generalmente se dan con la participación de un

solo vehículo e incluye a aquellos que se voltean o chocan con algún objeto cercano en el camino. Un estudio sobre este tema revelo que las victimas fatales por esta clase de accidentes alcanzan el 30% de todas las muertes por accidentes de tránsito.

Como esta probado que es inevitable que algún vehículo se salga del camino, los lados de este deben acondicionarse para reducir al mínimo las consecuencias de un posible accidente. Aspecto que debe tomarse en cuenta desde el proyecto. Algunos posibles peligros al costado del camino son de origen artificial, impuestos por el hombre, tales como vallas de seguridad, postes de señales y de alumbrado público y la forestación ornamental. Es recomendable el uso de defensas para reducir la frecuencia y la gravedad de estos accidentes, las cuales deben estar bien proyectadas para no convertirse en obstáculos adicionales.

Cuando el terreno sea relativamente plano y no implique incrementos altos en el costo de la vía, con la finalidad de aumentar la seguridad de los vehículos que intempestivamente se salen del camino, se debe prever una “zona de recuperación”, libre de obstáculos. Esta zona debe ser amplia, a nivel y fácil de transitar.

Los programas de mejoramiento deben tender a eliminar peligros tales como:

- Postes
- Árboles
- Estructuras
- Parapetos
- Soportes masivos de señales
- Otros obstáculos

Cuando no sea posible esta eliminación, debe buscarse la forma de instalar defensas u otro tipo de protección para disminuir el riesgo.

En un estudio realizado en California se encontró que las defensas usadas para proteger árboles a los lados del camino, efectivamente redujeron la gravedad de los accidentes del tipo de salida intempestiva de la superficie de rodamiento.

Otra investigación reportó que las defensas en los accesos de los puentes angostos redujeron el número y la gravedad de los accidentes, el estudio

realizado comprendió un tramo de carretera de dos carriles con 28 puentes; se instaló una sección de 27 metros de defensa que cruza el espaldón suavemente, del lado derecho de cada puente en ambos accesos. El resultado del estudio de “antes y después” arrojó una reducción de un accidente por 1.75 millones de vehículos que se tenía antes de la instalación de la barrera, a un accidente por 3.85 millones de vehículos. La gravedad de los accidentes se redujo aún más que esa proporción.

En un estudio especial realizado en cuatro condados de Virginia, se encontró que los árboles a los dos lados del camino estaban relacionados con el 20% de los casos de accidentes. En consecuencia se inició un programa de corte de árboles dentro del derecho de vía. Después de un tiempo prudencial se compararon los efectos de los accidentes antes y después de la implementación del programa, en periodos de igual duración. El número de muertos en accidentes contra árboles disminuyó de 28 a 17 y el número de heridos de 37 a 12. Durante el mismo periodo de observaciones, el número de accidentes de otro tipo permaneció casi constante.

En los resultados de otros estudios sobre puentes angostos se encontró una relación significativa cuando el ancho de calzada de la estructura era 0.30 m. más angosta que el ancho de acceso, teniendo un índice de 62.1 accidentes por cada 100 millones de vehículos – Kilómetros. Donde la estructura era hasta de 1.50 m. más ancha que el acceso, el índice fue de 36.0 y en donde la estructura superaba en más de 1.50 al acceso, el índice bajó a solamente 7.5.

En México, durante los 5 años que transcurrieron en 1963 a 1967, la División Número 5 de conservación de Carreteras Federales hizo una investigación sobre los accidentes de tránsito en los puentes de los 970 Km. del tramo Culiacán – Nogales, donde el ancho dominante de superficie transversal de rodamiento era de 6.10 m. Las conclusiones a que se llegó fueron las siguientes:

- Donde los puentes tienen ancho de calzada igual o mayor de 6.70 m. no ocurrieron accidentes atribuibles al ancho del puente.
- En cambio, en aquellos puentes con un ancho menor de 6.70 m. se presentaron muchos accidentes.

- Tan sólo en el tramo intermedio Navajo – Empalme de 1.76 Km. Los puentes de menos de 6.70 m. produjeron 80 accidentes, con 11 muertos, en ese lapso.
- Otro detalle observado fue que durante los 5 años que comprende el estudio, ocurrieron accidentes en todos los puentes angostos del tramo, sin que hubiese una concentración de ellos en algún puente en especial, que hiciese pensar en atribuir los accidentes a algún defecto del proyecto geométrico del camino u otras causas.

En la provincia de Manabí se realizó una investigación de campo en diferentes carreteras cuyos resultados se pueden apreciar en la siguiente tabla:

TABLA 3.3 CARACTERISTICAS PRINCIPALES VIAS DE MANABI

VIAS	ANCHO TOTAL	ANCHO DE CARRIL	ANCHO DE ESPALDON	PERALTE
Portoviejo-Manta	11,00	4,50	1,00	5%
Portoviejo-Pichincha	10,30	3,65	1,50	4%
Portoviejo-Rocafuerte-Chone	12,80	3,30	3,10	3.4%
Portoviejo-Santana	9,40	3,70	1,00	3%

e) Número de carriles

Un estudio realizado en Massachussets EE.UU., en carreteras con diferente número de carriles en el que se relacionan carreteras de 2 y 3 carriles, se encontró que los caminos de 2 carriles tenían un índice mayor de accidentes que aquel camino de tres carriles, hasta volúmenes de 2.6 millones de vehículos al año, o sea poco más de 7.000 vehículos diarios. Al llegar a este punto el índice para caminos de 2 carriles se mantiene constante, mientras que el de 3 carriles continúa aumentando conforme se incrementa el volumen de vehículos. Debido a que las colisiones de frente, con gran saldo de heridos y muertos, fueron asociadas con los caminos de tres carriles, este tipo de carreteras ya no se construyen, excepto en tramos de pendientes largas, en donde el tercer carriles construido únicamente para dar oportunidades de rebase cuesta arriba.

Las carreteras de 4 o más carriles, por tener capacidad para mayores volúmenes de tránsito debieran tener más accidentes que los caminos de 2 carriles; sin embargo, se ha determinado que tienen índices de accidentes menores.

El número de carriles esta determinado por la demanda en un tramo dado de carretera; la experiencia ha demostrado que el grado de seguridad depende más del ancho de los carriles que del número.

En términos de ahorro de costos por accidentes, se pensó que los beneficios de una ampliación de carriles podrían ser muy significativos. Luego se reconoció que el aumento en el ancho del carril tiende a dar mayor seguridad. La investigación de los registros de accidentes en carreteras de dos carriles, de varios anchos, en el Estado de Michigan, permitió concluir que los más anchos

eran más seguros. Al estimar el costo de los accidentes se concluyó que el ahorro por su reducción como regla general, era de tal magnitud o cuantía, que resultaba suficiente para cubrir el costo probable de la ampliación de la calzada de los 5.50 a 6.10 m.

Si bien es cierto que la limitación principal a la construcción de calzadas más anchas ha sido de orden económico, también existen algunas razones de operación, por lo que los anchos de la superficie de rodamiento no son más grandes. Puede ocurrir que si se ofrece una gran libertad de movimiento a los conductores, estos tiendan a realizar maniobras impropias y peligrosas, tal como formar otro carril; una carretera de 2 carriles que tenga una calzada de 8m., puede ser convertida en una carretera de 3 carriles con ancho de 2.65 cada uno.

3.6.6 Accidentes relacionados con la planta

Generalmente, la velocidad de diseño es el elemento que controla el diseño de carreteras, y por ello la relación entre la velocidad de diseño, la curvatura, el peralte y la fricción del camino debe ser establecida. El término de peralte se aplica a la pendiente que tiene una sección transversal de la carretera para acomodar el vehículo que viaja en una curva horizontal.

Hay un límite práctico en la relación de peralte (del levantamiento vertical de la orilla del camino al ancho del camino, en pies/pies). Ya que peraltes excesivos pueden ocasionar que los vehículos lentos se deslicen hacia el centro de la carretera durante una helada. También relaciones que resulten en drenaje deficiente pueden contribuir al hidropneumático, donde un vehículo que viaja altas velocidades durante periodos de lluvia pudiera viajar sobre una capa de agua, la cual causa que la tracción se pierda y que el vehículo se deslice.

Un vehículo que viaja en una curva (o en una trayectoria circular) es sometido a una fuerza centrífuga que aumenta cuando el radio de la curvatura disminuye y cuando la velocidad del vehículo aumenta. Un vehículo permanece sobre la carretera si las fuerzas desarrolladas por la fricción de las llantas o por el peralte son iguales o mayores que las fuerzas centrífugas. Dado el radio de la curva, el factor de fricción y la relación del peralte, la velocidad máxima para mantener la estabilidad a lo largo de la curva se puede determinar. Esta relación se muestra por la siguiente fórmula de acuerdo a las unidades:

Sistema Británico	$e + f = V^2 (\text{MPH}) / 15R$ (pies)
Sistema Métrico	$e + f = V^2 (\text{MPH}) / 12R$ (metros)
Donde	$e =$ Relación de peralte (pies/pies)
	$f =$ Factor de fricción lateral
	$V =$ Velocidad del vehículo
	$R =$ Radio de la curva

Una curva horizontal es definida por la curvatura, la cual está directamente relacionada con su radio. La curvatura D , puede ser determinada de la siguiente forma:

Sistema británico	$D = 5.729.6 / \text{Radio}$ (pies)
Sistema Métrico	$D = 1746.8 / R$ (Metros)

Por lo tanto, una curva de radio 5,729.6 pies o de 1746.8 metros es de primer grado, y una curva que tiene un radio de 1,432.4 o 436.6 metros es de cuarto grado.

Se ha establecido con evidente claridad que la curvatura de los caminos está relacionada con los accidentes, en todos los tipos de carreteras.

Al entrar en una curva, la fuerza centrífuga es equilibrada por la resultante del peso del vehículo y la fuerza de rozamiento lateral entre llantas y pavimento. La vida de un vehículo obedece a uno o a la combinación de los siguientes conceptos:

- Velocidad excesiva para las condiciones imperantes
- Sobre elevación inadecuada
- Pavimento derrapante

En ciertos estudios se encontró que en carreteras de dos carriles, el índice de accidentes aumenta alrededor de 0.23 por grado de curvatura. Para carreteras divididas, de 4 carriles con acceso controlado, el índice de accidentes aumentó 0.64 por grado de curvatura.

Así como el grado de curvatura influye en la incidencia de accidentes, también la frecuencia de las curvas es otro de los factores que tienen marcada influencia. De la tabla siguiente se deduce que la peligrosidad aumenta, tanto al disminuir el radio de la curva, como al disminuir la frecuencia de ellas. Como conclusión se establece que las curvas cerradas de menor radio y

aisladas, son las más peligrosas. Algunos investigadores trataron de relacionar los índices de accidentes con las curvas de diferentes grados; algunos resultados se visualizan en las siguientes tablas:

TABLA 3.4 INDICE DE ACCIDENTES EN CURVAS DE DOS CARRILES PARA DISTINTOS RADIOS Y FRECUENCIA DE CURVAS

Número de Curvas por Kilómetro	INDICE DE ACCIDENTES PARA DISTINTOS GRADOS DE CURVATURA			
	1°53´	1°54´ a 3°46´	3°47´ a 6°16´	6°17´ o más
DE 0 A 0.5.....	1.9	3.4	2.6	5.5
DE 0,6 A 1,8....	1.4	2.3	2.8	2.6
DE 1.9 A 3.0....	1.3	1.8	2.1	2.7
DE 3.1 A 4.3....	2.1	1.7	2.9

Algunos investigadores trataron de relacionar los índices de accidentes con las curvas de diferentes grados; parte de los resultados obtenidos se ilustran en las siguientes tablas:

TABLA 3.5 INDICE DE ACCIDENTES (CON BASE EN EL KILOMETRAJE GENERADO) EN RELACION CON EL GRADO DE LA CURVATURA EE.UU.

GRADO DE LA CURVA	INDICE DE ACCIDENTES POR MILLON DE VEHÍCULOS - KM
Menor de 1° 58´.....	2.19
De 1°58´ a 3ª 16´.....	3.97
Mayor 3ª 16´.....	6.18

INGLATERRA

GRADO DE LA CURVA	INDICE DE ACCIDENTES POR MILLON DE VEHÍCULOS - KM
Menor de 1° 16'.....	4.16
De 1°16" a 2ª 32'.....	4.80
De 2°3" a 3ª50'.....	5.60
De 3°51' a 6º 34'.....	6.00
De 6°35' a 11°28'.....	21.76
Mayor de 11°28'.....	23.84

Otros trabajos han demostrado que a partir de un cierto grado de curvatura, las curvas en el extremo de las tangentes mayores de 5 Km. de longitud tienen un índice de 1.25 veces mayor que las curvas ubicadas en el extremo de tangentes menores de 5 Km. De longitud.

Es seguro que la alta incidencia de accidentes en las curvas comprende un número mayor de factores que los citados anteriormente, tales como exceso de velocidad, distancia de visibilidad de parada y sobre elevación.

Entre las medidas aplicables para incrementar la seguridad en caminos existentes, están las rectificaciones, revisar las sobre elevaciones, implementar distancias de visibilidad adecuada, además de un buen señalamiento preventivo y restrictivo y marcas en el pavimento y fantasmas.

Ciertas experiencias en la rectificación de las curvas, mostraron que en 11 casos los accidentes se redujeron en un 80%. En seis casos donde la sobre elevación fue aumentada, los accidentes con lesionados fueron reducidos en un 60%. En 5 casos donde la visibilidad fue mejorada, los accidentes con lesionados se redujeron en un 65%.

Con relación a la efectividad de las señales preventivas, se indica a continuación el resultado de un estudio anterior, que muestra una reducción en los accidentes en curvas.

TABLA 3.6 CON RELACIÓN AL USO DE SEÑALES RESTRICTIVAS QUE INDIQUEN LA VELOCIDAD MÁXIMA PARA PASAR POR UNA CURVA, ESTAS HAN DEMOSTRADO SU EFECTIVIDAD EN AQUELLOS CASOS EN DONDE EL CONDUCTOR NO PUEDE ADVERTIR SITUACIONES PELIGROSAS.

--	--	--

NÚMERO DE CURVATURAS ESTUDIADAS	ACCIDENTES DIURNOS POR AÑO		ACCIDENTES NOCTURNOS POR AÑO	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
52	31.16	17.4	63.2	31.5

Un estudio de 15 curvas, en California, en las que se fijó la velocidad máxima, mostró que el total de accidentes fue reducido aproximadamente 62%, mientras que los accidentes con lesionados y muertos fueron reducidos en 54%. Estos porcentajes estuvieron basados en un total de 230 accidentes.

3.6.7 Accidentes relacionados con el perfil longitudinal

Alineamiento del camino

Al hablar de la sección transversal del camino, vemos que este está compuesto por tramos rectos (en tangente), conectados por curvas que generalmente son circulares. Esto es lo que forma el alineamiento horizontal del camino y su representación gráfica (en planta) es una sucesión continua de líneas rectas y curvas.

El alineamiento vertical en cambio, representa el perfil del camino y está compuesto por líneas rectas con pendiente positiva (ascendente), o a nivel y conectados entre sí mediante curvas verticales parabólicas.

La consideración de pendiente positiva (ascendente) o negativa (descendente), es siempre siguiendo el cadenamiento del camino.

Alineamiento vertical

El alineamiento vertical de un camino, como ya fue explicado con anterioridad es la representación gráfica del perfil del eje central imaginario del mismo y está constituido por una serie de líneas rectas conectadas con curvas verticales parabólicas. Esta representación gráfica es el resultado de exhaustivo análisis que culmina con un balance adecuado de movimiento de tierras, de tal manera que los cortes que tengan que hacerse tiendan a ser los mismos que son necesarios para los terraplenes. Naturalmente, que los cortes y terraplenes

resultantes deberán ser los exigidos por ciertos requisitos de diseño, tales como la distancia de visibilidad y otros.

Pendiente máxima

Para la determinación de la pendiente máxima de un camino, es necesario tomar en consideración el tipo de vehículos que utilizará el camino y la frecuencia de ellos. La generalidad de los automóviles pueden circular normalmente en caminos con pendientes de siete u ocho por ciento, siempre y cuando estas no sean muy prolongadas y que la relación peso – potencia de ellos no sea muy grande.

En cambio, la velocidad de los vehículos pesados se ve grandemente afectada conforme se incrementa la pendiente de un camino.

En estos casos, la velocidad se ve aún más afectada por la longitud y grado de la pendiente, y por la relación peso – potencia del vehículo. Investigaciones realizadas han demostrado que vehículos con una relación peso – potencia de 400 o menores tienen características de operación aceptable para formar parte de una corriente vehicular normal, y aseguran una velocidad de operación mínima de 25 kilómetros por hora, en una pendiente del 3 por ciento.

Distancia de visibilidad

Llamase así, a la longitud de una carretera que es visible al conductor. La seguridad y eficiencia de un camino se encuentran fundamentadas en esta distancia. El proyectista, debe proporcionar una distancia de visibilidad adecuada, para que el conductor pueda percatarse de objetos y obstáculos inesperados en el camino; así mismo, al proyectar un camino de dos o tres carriles deberán preverse, a intervalos frecuentes, tramos con la suficiente distancia de visibilidad, para permitir a los conductores rebasar vehículos sin riesgo alguno.

Por lo tanto, existen dos tipos de distancia de visibilidad: la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase.

La distancia de visibilidad a todo lo largo de un camino debe ser lo mayor posible, en ningún caso menor a la distancia de visibilidad de parada mínima.

Distancia de visibilidad de parada

Uno de los aspectos más importantes en el alineamiento vertical, con respecto a los accidentes, es la distancia de visibilidad de parada. Está compuesta de dos distancias:

- La distancia recorrida por el vehículo cuando el conductor ve un objeto que se interpone en su camino y coloca el pie en el pedal del freno (percepción y reacción) y
- La distancia requerida para detener el vehículo desde el instante en que fueran aplicados los frenos.

El tiempo de reacción de frenado promedio es aproximado de 0.5 segundos. Algunos conductores requieren de menor tiempo, pero otros precisan de un segundo o más; sin embargo más que considerar el tiempo promedio, es recomendable el tomar un valor mayor para el cálculo, que para efectos de distancia de velocidad mínima, se ha tomado un valor igual a un segundo. Por otro lado, el tiempo de percepción es el requerido por un conductor para llegar a la conclusión de que deben ser aplicados los frenos, y ha sido tomado un valor de 1.5 segundos.

Entonces “el tiempo total de percepción y reacción es de 2.5 y es independiente de la velocidad a la que vaya el vehículo.”⁷ La distancia de visibilidad de parada mínima, es calculada mediante la siguiente fórmula⁸:

$$D_p = 0.278 Vt + V^2 / (254(F \pm p))$$

En donde:

D_p = Distancia de visibilidad de parada,

V = Velocidad del vehículo en metros por segundo

t = Tiempo de reacción en segundos

F = Coeficiente de fricción longitudinal

p = Pendiente de la carretera.

Para efectos de seguridad, el valor de la fricción longitudinal es el correspondiente a pavimentos húmedos.

⁷ Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito, Leonardo lazo y Gilberto Sánchez A., Pág. 67

⁸ Ibidem

TABLA 3.7 LOS VALORES CALCULADOS DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA MÍNIMA, DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA.

VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	VELOCIDAD ASUMIDA POR CONDICIÓN (Km/h)	PERCEPCIÓN Y REACCIÓN DE FRENADO		COEFICIENTE DE FRICCIÓN F	DISTANCIA DE FRENADO NIVEL (METROS)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
		TIEMPO (SEGUNDOS)	DISTANCIA (METROS)			CALCULADA METROS	REDONDEADA PA PROYECTO (m)
CRITERIO DE DISEÑO - PAVIMENTOS HUMEDOS							
50	45	2,5	31	0,36	22	53	60
65	58	2,5	40	0,33	40	80	80
80	71	2,5	49	0,31	63	112	110
95	84	2,5	58	0,30	91	149	150
105	88	2,5	61	0,30	102	163	165
110	93	2,5	64	0,29	117	182	185
120*	98	2,5	68	0,28	134	202	205
130*	103	2,5	71	0,27	153	224	225
VALORES DE COMPARACIÓN - PAVIMENTOS SECOS							
50	50	2,5	33	0,62	15	48	
65	65	2,5	45	0,60	27	71	
80	80	2,5	55	0,58	44	99	
95	95	2,5	66	0,56	65	131	
105	105	2,5	72	0,56	76	148	
110	110	2,5	78	0,55	90	168	
120	120	2,5	83	0,54	105	188	
130	130	2,5	89	0,53	122	211	

TOMADO DE: - LEONARDO LAZO MARGAÍN, GILBERTO SANCHEZ ANGELES; Una Fisonomía de la Ingeniería de Transito.

De acuerdo con un estudio realizado en el Estado de California, en carreteras de 2 carriles, en una longitud de 800 Km., se encontró que el índice de accidentes decrece con el aumento de la distancia de visibilidad, de la siguiente manera:

TABLA 3.8

DISTANCIA DE VISIBILIDAD (METROS)	INDICE DE ACCIDENTES (POR MILLÓN DE VEHÍCULOS – KM)
Menos de 240	1.5
240 a 450	1.2
450 a 750	0.9
Más de 750	0.7

TOMADO DE: - CORPECUADOR – NORMAS INTERINAS, Pág. 19

Por otra parte se comparó el índice de accidentes con la frecuencia de las restricciones en visibilidad. Se definió una restricción como una distancia de visibilidad menor de 120 m. en terreno montañoso y menor de 180 m. en terreno plano o de lomerío. Se encontró que el índice de accidentes decrece conforme las restricciones son más frecuentes. Esto es cuando las restricciones ocurren con frecuencia, el conductor se adapta al medio y los índices de accidentes tienden a disminuir.

Otro de los aspectos importantes del alineamiento vertical con relación a los accidentes es la pendiente. De acuerdo con un estudio realizado en las autopistas de Alemania, se observa un importante incremento de los accidentes cuando aumenta la pendiente. Se atribuye a la gran diferencia de velocidades entre los vehículos ligeros con respecto a los vehículos pesados.

TABLA 3.9

PENDIENTES EN %	ACCIDENTES POR 100 MILLONES DE VEHÍCULOS – KILOMETRO
0 – 1.99	46,50
2 – 3.99	67,20
4 – 5.99	190,00
6 – 8.00	210,50

TOMADO DE: - CORPECUADOR – NORMAS INTERNAS, Pág. 20

Distancia de visibilidad de rebase

Como su nombre lo indica, es la distancia que permitirá al conductor de un vehículo poder rebasar a otro sin riesgos. Generalmente es proporcionada en caminos de dos carriles y tan frecuente como sea posible para evitar el decremento de la capacidad de la carretera. En caminos de cuatro carriles, la distancia de velocidad de rebase no es necesaria, pero deberá ser proporcionada al menos, la distancia de visibilidad de parada mínima, por efectos de seguridad.

La distancia de de visibilidad de rebase mínima de acuerdo a las investigaciones realizadas por la AASHO, es la suma de cuatro distancias:

- d_1 = Distancia recorrida durante el periodo de percepción y reacción y durante la aceleración inicial, hasta el punto en que el vehículo rebasante toma el carril izquierdo.
- d_2 = Distancia recorrida por el vehículo rebasante desde el momento en que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.
- d_3 = Distancia entre el vehículo rebasante (al final de su maniobra) y el vehículo en que viaja en sentido opuesto.
- d_4 = Distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto, que corresponde a un valor de $2/3$ de d_2

3.6.8 Accidentes relacionados con la iluminación

No es suficiente la dotación de una infraestructura vial y de transporte adecuada para que el usuario pueda realizar sus actividades cotidianas.

La seguridad es un elemento de capital importancia en el que la Ingeniería de Transito y Transportes tiene una gran ingerencia. La seguridad del usuario sea este peatón o conductor, requiere de la visibilidad necesaria para incorporarse a la corriente vehicular o peatonal. Es aquí donde la iluminación artificial tiene un papel importante. El índice de siniestramiento es mucho mayor en horas nocturnas que durante el día, no obstante que experiencias extranjeras indican que el volumen vehicular nocturno corresponde a solo un tercio del volumen diurno. Además de la falta de visibilidad, existen otros factores que hacen que el manejo nocturno sea de mayor riesgo, como la fatiga, niebla, lluvia, nieve, luces de los vehículos inadecuadas, etc.

Al viajar de noche, el conductor tiene que contrarrestar los efectos de:

- Deslumbramiento de los vehículos que viajan en sentido contrario.
- Recobramiento a los mencionados deslumbramientos.
- Escasa iluminación.

Para contrarrestar dichos efectos, la ingeniería de transito y transportes debe proporcionar la iluminación necesaria, para que el usuario reaccione favorablemente ante situaciones imprevistas, que pueda percibir sin dificultad las marcas sobre el pavimento, señales, etc. Para tal fin es necesario que las vialidades, intersecciones, pasos a desnivel, túneles largos, etc., estén iluminados

adecuadamente ayudando asimismo a la disminución de hechos delictuosos y proporcionando un ambiente más agradable.

Cuando las vías están iluminadas adecuadamente, la vialidad es utilizada con propiedad, incrementándose la capacidad de la misma.

Deslumbramiento

Se llama deslumbramiento o encandilamiento a la turbación de la percepción visual por brillos o luminosidades demasiado intensas o repentinas. El deslumbramiento reduce la visibilidad y causa molestias oculares.

La magnitud del deslumbramiento depende del brillo de las fuentes luminosas y utilizando otras de mayor tamaño. También reduciendo el contraste de luminosidad entre la fuente luminosa y el resto del campo visual del observador, o colocando dichas fuentes alejadas de la dirección normal de la visual del observador.

Relativo a la luz emitida por los faros de los vehículos, puede abatirse el deslumbramiento en caminos divididos mediante el sembrado de setos. Sin embargo esta solución no puede ser aplicable en la mayoría de los casos y el mejor medio para abatir dicho deslumbramiento, es mediante una iluminación adecuada en las vías; al existir tal iluminación no será necesario el que los conductores lleven las luces “altas” y por lo tanto se abate el contraste de luminosidad entre los faros y la luz de las vías.

Situaciones que requieren consideración especial

No todos los problemas de iluminación en los caminos pueden ser resueltos con el criterio general de solución. Existen determinados lugares en las calzadas de las vías públicas que justifican una mejor iluminación que en el resto de las mismas. Como tales pueden mencionarse las intersecciones, cruces de ferrocarril, callejones, puentes, plazas y rotondas, vías elevadas y subterráneas, pasos interiores, túneles, curvas, crestas, zonas de estacionamiento, calles con gran forestación.

Intersecciones

Estas requieren una mayor iluminación debido al incremento del tránsito de vehículos o peatones. En la generalidad de las intersecciones urbanas en ángulo recto, en diagonal, en Y o en T, la iluminación deberá ser cuando menos igual a la suma de los valores de iluminación recomendados para las calles que forman la intersección. Si se trata de intersecciones combinadas, es menester realizar un estudio detallado de los volúmenes existentes de vehículos y de peatones.

La iluminación de cualquier intersección rural es justificable, de acuerdo al departamento de Carreteras del Estado de Washington, cumpliéndose lo siguiente:

1. Si existen barreras físicas para desviar o canalizar el tránsito.
2. Si la intersección está semaforizada y si dichos semáforos funcionan de noche.
3. Cuando existe considerable número de movimientos direccionales.
4. Cuando la intersección está ubicada en un área donde existen establecimientos públicos que hacen que existan movimientos de entrada y salida a las carreteras.
5. En los accesos de carreteras a lugares de atracción nocturna tales como autocinemas, estadios, etc.

Cruces de ferrocarril.- Se recomienda que se ilumine con dos unidades colocadas a no más de 23m de la vía férrea.

Callejones

La justificación de la iluminación de estos es el prevenir delitos nocturnos. Deben ser colocadas lámparas de 1000 lúmenes a cada 60m.

Puentes, pasos superiores, viaductos.

Su nivel de iluminación debe ser por lo menos el que se recomienda para calles o carreteras con igual volumen de tránsito. Especial atención debe dársele a los accesos a este tipo de facilidades.

Plazas, glorietas.

EL nivel de iluminación que debe de tener es el de calles y carreteras que manejan volúmenes de tránsito similares, pero si el movimiento de peatones es apreciable, se recomienda se incremente dicho nivel en un 50% mínimo.

Vías elevadas, subterráneas: Las unidades de iluminación deberán ser localizadas de tal forma que sean visibles las guarniciones, curvas en las calzadas, cambios de sección transversal. Las rampas de entrada y salida deben estar dotadas en un nivel de iluminación mayor que el del resto de la vía.

Pasos interiores, túneles

El nivel de iluminación debe ser en 50 por ciento mayor que el recomendado en vías convencionales, con iguales volúmenes de tránsito. Durante el día, sus entradas y salidas deben tener un sistema de alumbrado suplementario a efectos de reducir el cambio brusco de iluminación.

Curvas, cuestas

Las unidades de iluminación deben colocarse en el exterior de las curvas horizontales a fin de que la reflexión de la luz entre la lámpara y los ojos de los conductores se realice sobre el pavimento.

Zonas de estacionamiento

La intensidad de iluminación que se requiere para la circulación de los vehículos es de 0,5 bujías-pie (5,4 lux.) pero si se localiza el estacionamiento en zonas no muy seguras, el valor debe ser duplicado. Cuando la intención de la iluminación es con fines publicitarios, se recomiendan niveles de 5 y 10 bujías-pie (54 a 108 lux).

En las siguientes tablas se presentan diferentes ejemplos de ubicación de luminarias, dependiendo de la situación específica correspondiente.

TABLA 3.10 ALTURA DE MONTAJE MINIMA DE LUMINARIO

INTENSIDAD LUMINOSA MÁXIMA DEL LUMINARIO EN BUJIAS	CONTROL SUPERIOR DE INTENSIDAD LUMINOSA MAX (m)		
	(cutoff) EN CIRCUITO	(semicutoff) SEMICIRCUITO	(noncutoff) NO EN CIRCUITO
Menor de 5.000	6,5	6,0	4,5
Menor de 10.000	6,0	7,5	9,0
Menor de 15.000	7,5	9,0	10,5
Menor de 15.000	9,0	10,5	12,0

TOMADO DE: - LEONARDO LAZO MARGAÍN, GILBERTO SANCHEZ ANGELES; Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito,

Cerca del 60% de todos los accidentes fatales de tránsito ocurren por la noche, cuando los volúmenes de vehículos y peatones son más bajos. Al tomar como base el kilometraje, los índices de accidentes nocturnos son el doble de los diurnos en las ciudades y cerca del triple en las zonas rurales.

Aunque los efectos de la fatiga, intoxicación y otros factores que podrían incrementar el riesgo de viajar de noche, no han sido completamente evaluados, es indiscutible que la visibilidad reducida contribuye a estas diferencias en los índices de accidentes. La iluminación artificial es un medio efectivo ya probado para reducir los accidentes nocturnos de tránsito.

Un estudio encontró una tendencia a la disminución de los índices de accidentes nocturnos con un nivel más alto de iluminación. Se sacó esta conclusión basándose en datos para un tramo con tres diferentes niveles de iluminación. Los tramos eran similares en otros aspectos, así que las diferencias en los índices de accidentes deberían de atribuirse a las variaciones de la iluminación.

La experiencia acumulada hasta la fecha, sugiere que el mayor beneficio viene de dar nivel mínimo de iluminación y que la superficie del pavimento tiene un papel importante en el nivel de iluminación que se requiere.

3.6.9 Accidentes relacionados con las intersecciones

Los accidentes en los cruzamientos entre carreteras y con vías férreas, han sido materia de interés público por muchos años, especialmente por lo espectacular de los mismos accidentes y sus saldos en pérdidas de vidas y bienes. A pesar de que los accidentes en estos puntos son solamente un pequeño porcentaje del total de los accidentes, arrojan un alto número de personas muertas y heridas.

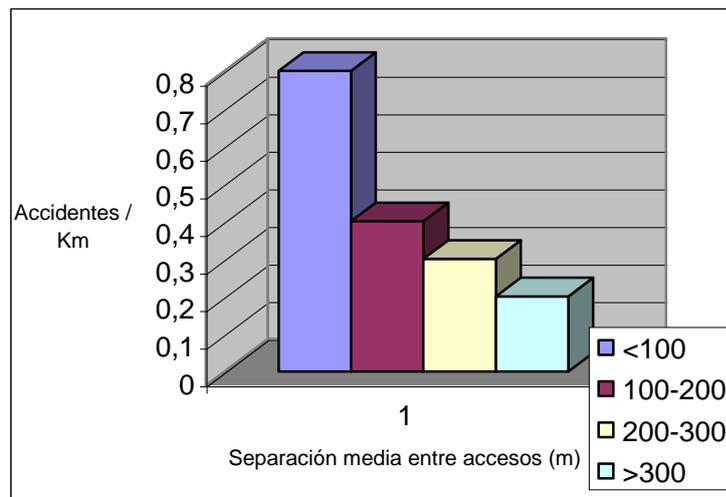
Diversos estudios han demostrado que la regulación de los accesos tiene un efecto positivo sobre la seguridad, y que a la inversa la falla de regulación supone un deterioro de la seguridad.

Los accesos a las carreteras no disponen en general de carriles de entrada y salida a la calzada principal con sus correspondientes tramos de aceleración y deceleración, por lo que producen diferencias importantes de velocidad entre la circulación de paso y la que utiliza los accesos, lo que aumenta la

probabilidad de accidente. La limitación de accesos permite eliminar este efecto, con la consiguiente mejora de la seguridad.

En la siguiente tabla se aprecia un aumento muy importante de los accidentes cuando la distancia media entre los puntos de acceso es inferior a 100m.

TABLA 3-11



CAPITULO IV

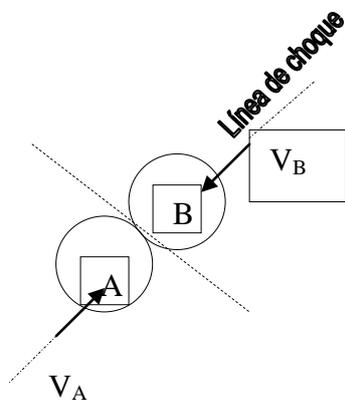
ANALISIS DE LOS ACCIDENTES

TIPOS DE ACCIDENTES⁹

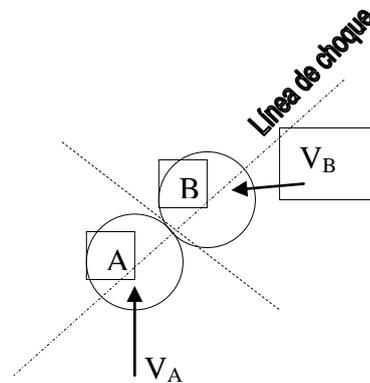
DEFINICION DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACCIDENTE

Desde el punto de vista de la Mecánica Clásica, un accidente es un choque. Comenzaremos por revisar estos conceptos antes de definir los diferentes tipos de accidentes.

Un choque es un encuentro que ocurre en un intervalo muy corto de tiempo en el cual los cuerpos ejercen entre si fuerzas relativamente grandes. Se llama línea de choque a la normal común de las superficies en contacto durante el choque. Si los centros de masa de los dos cuerpos que chocan están sobre la línea, se dice que es un choque central. De otro modo, el choque es excéntrico. Si la dirección de las velocidades es la de la línea de choque, se dice que es un choque directo. Si uno o ambos cuerpos se mueven en direcciones diferentes a la de la línea de choque, se dice que es un choque oblicuo.



(a) Choque Central Directo



(b) Choque Central Oblicuo

Choque central

⁹ Jorge V. Zegarra Pellane

Consideramos dos cuerpos que chocan y representemos por V_a y V_b las velocidades antes del choque de los puntos de contacto A y B. Durante el choque los dos cuerpos se deformarán y al final del periodo de deformación sus velocidades V_a y V_b tendrán componentes iguales a lo largo de la línea de choque nn . Se presenta luego un periodo de restitución, al final del cual, dependiendo de la magnitud de las fuerzas de choque y de los materiales involucrados, los dos cuerpos recuperarán su forma original o quedarán permanentemente deformados.

El objetivo es encontrar las velocidades V'_a y V'_b de los puntos de contacto al final del periodo de restitución. Suponiendo que los cuerpos son perfectamente lisos, las fuerzas que ejercen entre si tienen la dirección de la línea de choque. Sea P esta fuerza durante el periodo de deformación, y R la correspondiente al periodo de restitución. La magnitud del impulso de cada una de las fuerzas será Pdt y Rdt respectivamente.

Supongamos que el movimiento de los cuerpos que chocan no tienen ninguna restricción. Entonces, las únicas fuerzas impulsivas ejercidas durante el choque están aplicados en A y B respectivamente.

La relación entre las magnitudes de los impulsos correspondientes al periodo de restitución y al de deformación se llama coeficiente de restitución y se representa por e :

$$e = \frac{Rdt}{Pdt}$$

El valor de e está siempre entre 0 y 1 y dependen en gran parte de los materiales que intervienen. Sin embargo, varía también considerablemente con la velocidad del choque y la forma y tamaño de los cuerpos que chocan.

Colisión frontal.-

Consideremos dos vehículos A y B, de masas m_A y m_B , viajando en la misma dirección pero en sentidos opuestos, con velocidades $V_A(V_A, 0)$ y $V_B(-V_B, 0)$. Entonces:

$$(m_A V_A - m_B V_B) = (m_A + m_B) V$$

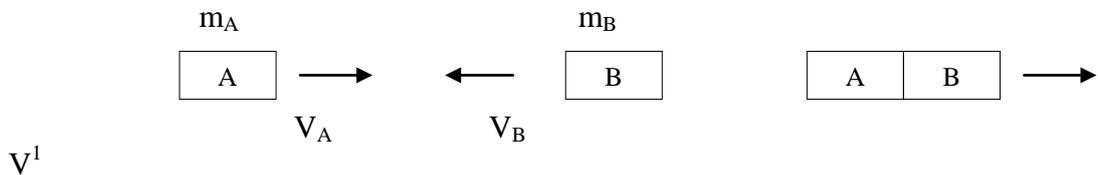
$$V = \frac{m_A V_A - m_B V_B}{m_A + m_B}$$

Si $m_A = m_B$:

$$V = \frac{V_A - V_B}{2}$$

Este caso se presenta cuando no se tiene la adecuada distancia de rebasamiento.

Colisión Frontal:



Colisión lateral:

Consideremos dos vehículos A y B, de masas $m_A = m_B$, viajando en direcciones perpendiculares, con velocidades $V_A (V_A, 0)$ y $V_B (0, V_B)$. Entonces:

$$m_A (V_A, 0) + m_B (0, V_B) = (m_A + m_B)(V_X, V_Y)$$

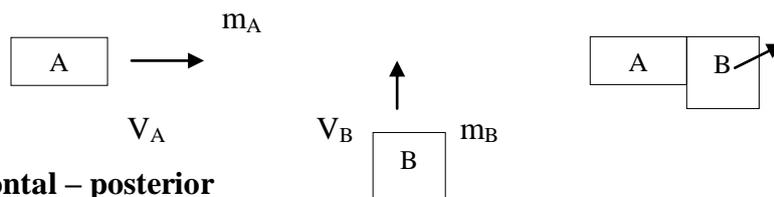
$$V_x = \frac{m_A V_A}{m_A + m_B}$$

$$V_y = \frac{m_B V_B}{m_A + m_B}$$

Si $m_A = m_B$, entonces:

$$V_x = \frac{V_A}{2}$$

$$V_y = \frac{V_B}{2}$$



Colisión frontal – posterior

Consideremos dos vehículos A y B, de masas m_A y m_B viajando en la misma dirección y sentido, con velocidades $V_A (V_A, 0)$ y $V_B (V_B, 0)$. Para que haya colisión, la

velocidad del vehículo, que va atrás debe ser mayor que del que va adelante ($V_A > V_B$).

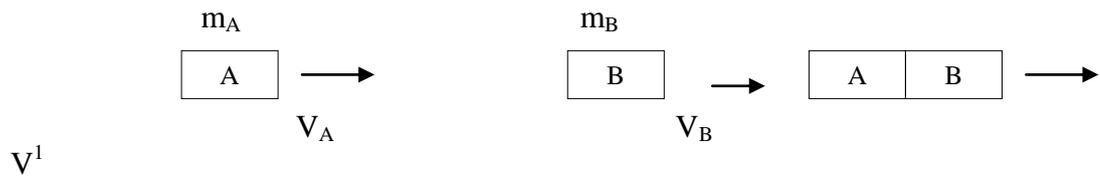
Entonces:

$$m_A V_A + m_B V_B = (m_A + m_B) V$$

$$V = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{m_A + m_B}$$

Si $m_A = m_B$, entonces:

$$V = \frac{V_A + V_B}{2}$$



Colisión con objeto estacionado

Sea A un vehículo en movimiento de masa m_A con velocidad V_A y B el objeto estacionado ($V_B = 0$) de masa m_B . Entonces:

$$V_x = \frac{m_A V_A}{m_A + m_B}$$

en caso que el objeto estacionado fuera una estructura de grandes dimensiones podemos considerar $m_B \gg m_A$, luego

$$V = 0$$

En estos casos, se usan dispositivos amortiguadores con el fin de desacelerar a los vehículos sin control hasta detenerlos, reduciendo considerablemente la severidad de un impacto frontal con un objeto fijo al esparcir la energía del impacto. Estos dispositivos suelen colocar en el frente de los muros de contención, en las pilas y estribos de los puentes y en las áreas triangulares al principio de las rampas. Actualmente existen una

gran variedad de tipos de dispositivos amortiguadores incluyendo filas de barriles, redes de trampas y conjuntos de envases llenos de arena o agua.

Colisión con un peatón.

Es similar a la colisión lateral, pero debemos considerar que la masa del peatón es mucho menor que la del auto con el que colisiona ($m_B \gg m_A$), luego:

$$V = (V_A, 0)$$

Y la diferencia en el orden de magnitud entre m_A y m_B , de un lado y V_A y V_B del otro nos lleva a los fuertes daños que sufre el peatón.

Un gran porcentaje de los accidentes de tránsito son consecuencia de la falta de precaución o de un comportamiento peligroso de peatones o conductores. Estas actitudes y especialmente sus consecuencias pueden reducirse con una adecuada instalación de dispositivos para el control del tránsito y mediante proyectos relacionados con las características geométricas de la vía.

De una buena recolección de datos de accidentes y un adecuado análisis posterior depende directamente el funcionamiento exitoso o el fracaso de los dispositivos para el control del tránsito o el funcionamiento del proyecto geométrico en lugares específicos.

El propósito de este capítulo de esta tesis es describir y analizar algunos procedimientos para la recolección y empleo de los datos de accidentes para los propósitos de ingeniería de tránsito. Entre los puntos a tratarse tendremos:

- sistemas de archivo
- análisis de los accidentes
- calculo de índices de accidentes

4.1. Registro de accidentes

Los registros de accidentes de tránsito de una ciudad, región o sistema vial son útiles y necesarios para proporcionar hechos y datos que servirán de guía para implantar:

- Programas de educación vial.
- Inspección vehicular

- Servicios de emergencia
- Proyectos de rediseño geométrico para mejorar calles y carreteras

Además los datos de accidentes individuales pueden ser utilizados por:

- Medidas de fiscalización y control por parte de la Policía
- Quienes se encuentran encargados de otorgar licencias de conducción
- Compañías de seguros
- Aparato judicial
- Diseñadores de vehículos.

Concretamente los datos de accidentes de tránsito, desde el punto de vista de la ingeniería pueden ser utilizados en los siguientes casos:

1. Para definir e identificar lugares con altos índices de accidentes
2. Para realizar estudios de “antes y después” en donde se han hecho mejoras o cambios de algún dispositivo tales como: señales, semáforos, marcas en el pavimento, proyecto geométrico, iluminación. Lo cual permite evaluar la eficiencia de estos.
3. Para justificar solicitudes del público, relacionadas con instalaciones de dispositivos de control de tránsito.
4. Como auxiliar o justificativo para la evaluación de alternativas de proyectos geométricos más adecuados de calles, intersecciones, entradas y dispositivos para el control del tránsito, para cada localidad específica.
5. Para establecer prioridad en la instalación de dispositivos o medidas de ingeniería en los lugares con alta incidencia de accidentes.
6. Para justificar inversiones en mejoras importantes para prevenir o reducir accidentes.
7. Para proponer reformas en las leyes y reglamentos de tránsito.
8. Para establecer una mejor vigilancia policial.
9. Para determinar la necesidad y justificar las restricciones de estacionamientos.
10. Para mejoras en el alumbrado público.
11. Para identificar acciones peligrosas de conductores y peatones y que pueden prevenirse mediante la educación vial.
12. Como justificativo para la consecución de fondos para programas de seguridad vial.

4.2. Sistemas de archivo

4.2.1. Fuentes

Las principales fuentes de accidentes pueden ser:

- Policía
- Municipio
- Ministerio de Obras Públicas
- Bomberos
- Cruz Roja
- Aseguradoras de vehículos

La Policía Nacional y específicamente la policía de tránsito es la responsable de hacer la investigación directa en el lugar de los hechos y del registro de datos en un reporte de accidente, además en el servicio de investigación de accidentes de tránsito SIAT se receptan denuncias sobre accidentes.

Si bien es cierto que la gran cantidad de accidentes tiene un gran valor estadístico, no solamente son valiosos el número de accidentes acontecidos sino también los que están a punto de ocurrir, lo cual puede obtenerse a partir de un estudio de conflictos de tránsito.

Para fines de ingeniería de tránsito, es procedente y necesario que exista una conexión en red entre el archivo donde se centraliza los partes de los accidentes y los datos estadísticos. De esta manera el ingeniero de tránsito fácilmente puede acceder a la información primaria y proponer alternativas de solución.

4.2.2. Reportes de accidentes

Los formatos más comunes para realizar los reportes de accidentes son:

- Los de datos concretos.
- Los descriptivos.
- EL formato combinado

El modelo 4-2 muestra un ejemplo de la combinada, los datos de mayor importancia para ingeniería de tránsito incluyen los siguientes aspectos:

1. Posición y dirección de todos los vehículos antes del accidente, incluyendo los parados o estacionados.
2. Hora, día, de la semana y fecha.
3. Tipo general del accidente y forma de la colisión.

4. Que trataban de hacer los conductores o peatones inmediatamente antes del accidente (detenerse para estacionarse, dar vuelta izquierda en algún lugar específico, etc.).
5. Las condiciones atmosféricas, de iluminación y del camino, a la hora del accidente.
7. La gravedad del accidente (muertos, lesionados o únicamente daños materiales).

Dependiendo del estudio o el objeto se utilizaran los datos, así por ejemplo los muertos y heridos, en cada accidente, podrían servir para un estudio de costos. Para el análisis de ingeniería es el diagrama de colisiones, que muestre la trayectoria original de cada vehículo. Los especialistas que actúan después del accidente deben elaborar un diagrama confiable de los movimientos inmediatamente anteriores a la colisión. Cuando únicamente se reporta las versiones de los conductores involucrados se omite información importante o se ve los hechos a conveniencia de cada una de las partes.

4.2.3. Expedientes de accidentes

Si bien para fines de policía o de juzgados de tránsito es mejor el archivo por numeración, para la utilidad dentro de ingeniería de tránsito es mejor los siguientes sistemas:

- Por la intersección más cercana, se archiva de acuerdo a la intersección más cercana de donde sucedió el accidente.
- Por límites, los suscitados dentro de los pasos definidos para el paso de peatones se toman como sucedidos en la intersección y los otros como a media cuadra.
- O se establece un parámetro, ejemplo 30 m para definir como de intersección y el resto como de media cuadra.
- Mediante la regla del medio kilómetro, similar al anterior, pero con una mayor distancia, más aplicable para establecer en zonas rurales.
- Con el señalamiento del kilometraje, con décimas o centésimas de Km.
- Por los elementos que han contribuido, es el sistema que ofrece ventajas al ingeniero de tránsito, porque considera las relaciones directas o potenciales de los accidentes con cada intersección. Dentro de estos

elementos se consideran los dispositivos para el control, Los movimientos direccionales de cualquier vehículo involucrado con respecto a la calle transversal, peatón lesionado o que haya influido en la acción de un conductor involucrado en un accidente; cambios bruscos del alineamiento o alumbrado de la intersección. Entre los elementos que contribuyen a un accidente se pueden incluir entradas, vehículos estacionados, objetos fijos frente a las trayectorias vehiculares, peatones que cruzan en sitios peligrosos o prohibidos, cruce de animales, condiciones medioambientales, y en general características viales.

4.2.4. Procesamiento de datos

Varias técnicas analíticas e investigatorias son necesarias en las diferentes etapas de la operación de procedimientos de investigación de accidentes de tránsito.

Las tres primeras fases:

- Identificación
- Diagnósis y
- Selección

Son representadas en la tabla 4-1, donde se indican las técnicas apropiadas para tareas sucesivas.

Con el procesamiento de datos se puede disponer de tablas que incluyan:

1. Tablas periódicas de accidentes por ubicación
2. identificación de lugares con mayor frecuencia de accidentes
3. Resúmenes especiales relacionados con la frecuencia o índices de accidentes por tipo de camino, características geométricas, estado del pavimento y condiciones diurnas y nocturnas.

En la etapa preliminar, es necesario un estudio amplio de toda la base de datos para identificar sitios y situaciones peligrosas. Las técnicas más importantes son estadísticas y cuestiones numéricas, que envuelven análisis y trazado de los datos de accidentes (y posiblemente: población, tráfico y vías). El estudio es mejor si se efectúa mediante un análisis computacional sobre un periodo de tres a cinco años que dé un número suficiente de accidentes que sean representativos y que tome en cuenta fluctuaciones aleatorias, pero tampoco cubriendo demasiados años, ya que cambios en el medio ambiente y tráfico dan resultados falsos.

La base del sistema estructural en el Reino Unido, es el uso de 4 aproximaciones principales¹⁰:

- 1.- Sitios individuales: tratamiento de sitios específicos o pequeñas longitudes de vías donde los accidentes se concentran.
- 2.- Acción masificada: aplicación de un remedio conocido, para lugares que tienen accidentes comunes.
- 3.- Acción de ruta: Aplicación de remedios a una vía que tiene una proporción de accidentes más que lo normal para ese tipo o clase de vía.
- 4.- Acción de área: suma de medidas remediales, en un área con una proporción de accidente más alto que un nivel predeterminado, particularmente relacionados con accidentes dispersos y usualmente aplicables en áreas urbanas.

El objetivo de la etapa preliminar de identificación, es el de seleccionar desde la red vial, los grupos de sitios, longitud de vía y medio ambiente que caen dentro de estas categorías, las cuales tienen una ocurrencia de accidentes más alta del promedio, o un patrón identificable de accidentes.

Estos grupos son luego considerados en la etapa primaria y de diagnostico por análisis o investigación con las siguientes técnicas.

Observaciones en sitio, va desde estudios retrospectivos, tomando en cuenta características viales en la escena de los accidentes, estos estudios “en el sitio” son multidisciplinarios y toman en cuenta detalles considerables de las características de: la vía, medio ambiente, vehículos y usuarios viales.

Muestreo de lugares, envuelve el agrupamiento de datos de accidentes para sitios de características físicas similares y/o rasgos comunes de accidentes, con la finalidad de obtener datos suficientes para realizar evaluaciones significativas de los factores contribuyentes.

El principio, es la base para la aproximación de acción masificada.

Estudio de conflictos, son observaciones de movimientos vehiculares en lugares específicos, con la finalidad de evaluar la frecuencia y tipo de situaciones de “casi accidentes”.

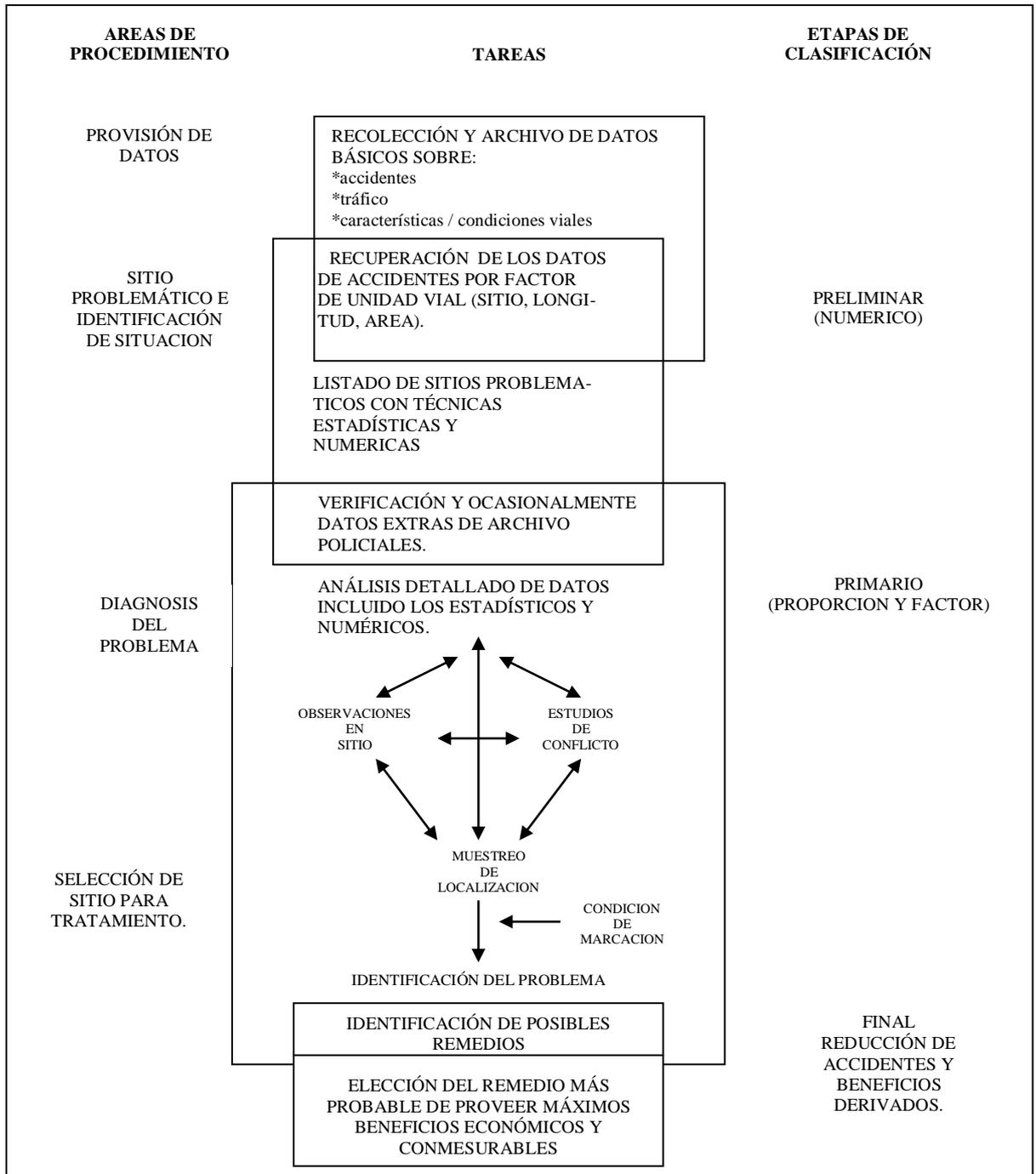
¹⁰ Guías para la Seguridad Vial Prevención y reducción de Accidentes, del Reino Unido

Monitoreo de la red vial por características físicas, como por ejemplo la resistencia al patinaje en vías mojadas.

La selección final de los sitios para tratamiento, y grado de prioridad toma en cuenta los resultados de las fases preliminares, con consideración particular de:

- Comparación de frecuencia de accidentes relacionado con la exposición (longitud de vías, flujo y densidad de tráfico, otros tipos de accidentes.)
- Prevalencia de rasgos específicos (diseño vial, maniobra vehicular, condiciones medio ambientales), para identificar cualquier influencia excesiva en cualquier lugar.
- Priorización de lugares, tomando en cuenta la severidad de heridos y criterio económico.
- Potencial para ahorrar accidentes con tratamiento seleccionado, permitiendo para cualquier cambio en ocurrencia de accidentes que sería esperado sin ningún tratamiento.

TABLA 4.1 LINEAMIENTO DE PROCEDIMIENTOS PARA IDENTIFICACIÓN, DIAGNOSIS Y SELECCIÓN DE SITIOS.



TOMADO DE: GUIAS PARA LA SEGURIDAD VIAL, Instituto Vías y Transporte del REINO UNIDO Edición Internacional, Pág. 16

TABLA 4.2 FACTORES IMPORTANTES DE ACCIDENTES PARA BASE DE DATOS

DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL ACCIDENTE:
<ul style="list-style-type: none"> • REFERENCIA • SEVERIDAD DEL ACCIDENTE • NUMERO DE VEHÍCULOS ENVUELTOS • NUMERO DE VICTIMAS • FECHA Y HORA • LUGAR <ul style="list-style-type: none"> • CODIGO DIGITAL • DESCRIPCIÓN ESCRITA • FACTORES DE CONTRIBUCIÓN SI SON SUMINISTRADOS POR LA POLICIA • MANIOBRAS Y MOVIMIENTOS – CODIGO PICTÓRICO (SI ES POSIBLE).
TIPOS DE VÍA
<ul style="list-style-type: none"> • CLASE DE VÍA Y NÚMERO • TIPO DE CALZADA Y CARRILES • LIMITE DE VELOCIDAD • TIPO DE INTERSECCIÓN Y CONTROL
CARACTERÍSTICAS MEDIO AMBIENTALES
<ul style="list-style-type: none"> • CONDICIONES DE LUZ • CLIMA • CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE • CONDICIONES ESPECIALES • PELIGROS EN LA CALZADA • CARACTERÍSTICAS VEHICULARES • TIPO • LOCALIZACIÓN VEHICULAR • LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN • PATINAJE • OBJETO GOLPEADO
CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR
<ul style="list-style-type: none"> • EDAD Y SEXO • RESULTADO DE PRUEBA DEL ALIENTO (SI ES TOMADO) • CUALQUIER CONDUCTOR O VEHÍCULO DEJADO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE
DETALLE DE VICTIMAS
<ul style="list-style-type: none"> • TIPO DE USUARIO VIAL

<ul style="list-style-type: none"> • EDAD Y SEXO • SEVERIDAD DE LAS HERIDAS • POSICIÓN DEL PEATÓN • MOVIMIENTO DEL PEATÓN • ALUMNO DE ESCUELA
<p>CARACTERÍSTICAS VIALES</p>
<ul style="list-style-type: none"> • GEOMETRÍA – CURVATURA, ANCHO, INTERSECCIONES • SUPERFICIE – TIPO Y TEXTURA • AYUDAS FÍSICAS - ALUMBRADO, SEÑALES Y MARCACIONES • LIMITES DE VELOCIDAD • OBSTÁCULOS AL COSTADO DE LAS VIAS <ul style="list-style-type: none"> ○ POSTES, ○ ÁRBOLES ○ VALLAS DE SEGURIDAD ○ MOBILIARIO VIAL, ETC. <p>USO DEL SUELO ADYACENTE</p>
<p>CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO – RELACIONADO A LA HORA Y LUGAR</p>
<ul style="list-style-type: none"> • FLUJO – POR DIRECCIÓN Y POR CLASE DE USUARIO VIAL, INCLUYENDO FLUJO PEATONAL. • COMPOSICIÓN • VELOCIDAD • APERTURAS • ATRASOS

TOMADO DE: GUIAS PARA LA SEGURIDAD VIAL, Instituto Vías y Transporte del REINO UNIDO; Edición Internacional, Pág. 15

4.3 Índices de accidentes de tránsito

El propósito de hacer un análisis de los índices de los accidentes de tránsito es establecer comparaciones entre los sectores analizados, pudiendo tratarse estos regiones, de un país, provincias, ciudades, entidades políticas, sistemas de caminos de base socio-económica similar e inclusive los accidentes de una serie de secciones de un camino que tiene un flujo vehicular más o menos uniforme, para tomar conciencia de la problemática y planear medidas para reducir la frecuencia y severidad de los accidentes.

4.3.1 Índices de accidentes del año 2006 a nivel de país, Pichincha y Quito

Para el cálculo de estos índices se utiliza los siguientes datos:

<i>Población Estimada</i>				
Año	País	Pichincha	Guayas	Quito
2000	11,901,319	2.321.930	3.226.308	1.787.886
2001	12,156,608	2.388.817	3.309.034	1.839.853
2002	12,411,897	2.455.704	3.391.760	1.890.892
2003	12,672,547	2.524.464	3.474.486	1.943.837
2004	12,938,670	2.595.149	3.557.212	1.998.265
2005	13,210,382	2.667.813	3.639.938	2.054.216
2006	13,487,800	2.742.512	3.722.664	2.111.734

Información basada en el censo del año 2001, la población de los demás años se estimaron de acuerdo a las

Tasas de Crecimiento del País, Pichincha y Guayas que son del 2,1%, 2,8% y 2.5% respectivamente.

La estimación de las poblaciones de Quito se las hizo de acuerdo al porcentaje que representa en la provincia de Pichincha (77%).

Total de accidentes del periodo en análisis (año 2006):

País: 18.583

Pichincha: 4.966

Guayas: 5.690

Quito: 4.358

Total de muertes en el (año 2006):

País: 1.801

Quito: 267
 Guayas: 435
 Total de vehículos del país (año 2.006), incluye Guayas:
 País: 963.071

Se ha elegido ilustrar la forma de cálculo de los índices de accidentes de tránsito para el año

2.006, por tratarse de los datos más recientes con los que se cuenta.

A continuación se muestra la forma de cálculo de los diferentes índices:

Índice de accidentes con base en la población					
Fórmula:	$I_p = T_a / T_p$				
donde:					
<i>I_p</i> = Índice de accidentes totales por habitante de la situación geográfica considerada					
<i>T_a</i> = Número total de accidentes que ocurren en la región considerada					
<i>T_p</i> = Número total de habitantes en la región considerada					
Datos:		País	Pichincha	Guayas	Quito
Accidentes totales: (T _a)		18.583	4.966	5.690	4.358
Población (hab): (T _p)		13.487.800	2.742.512	3.722.664	2.111.734
Cálculo:					
	$I_p =$	0,0014	0,0018	0,0015	0,0021

Así tenemos que el número de accidentes de tránsito por habitante en un año en Quito es

ligeramente

mayor que el resto del País, Pichincha y Guayas.

Índice de accidentes con base en la población (Según lazo M-Sanchez A)					
Fórmula:	$I = T \times 100\,000 / P$				
donde:					
<i>I</i> = Índice de accidentes por cada 100 000 habitantes					
<i>T</i> = Número total de accidentes en un año					
<i>P</i> = Número de habitantes de la población					
Datos:		País	Pichincha	Guayas	Quito
Accidentes totales: (T)		18.583	4.966	5.690	4.358
Población (hab): (P)		13.487.800	2.742.512	3.722.664	2.111.734
Cálculo:					
	$I =$	138	181	153	206

Así tenemos que el número de accidentes de tránsito por cada 100 000 hab. en un año en Quito es

mayor

que en las demás regiones analizadas

*Índice de accidentes con base en el número de vehículos					
Fórmula:	$Iv = Ta/Tv$				
donde:					
<i>Iv=Índice de accidentes totales por vehículo matriculado de la situación geográfica considerada</i>					
<i>Ta=Número total de accidentes que ocurren en la zona considerada</i>					
<i>Tv=Número total de vehículos matriculados en la zona considerada</i>					
Datos:		País	Pichincha	Guayas	Quito
Accidentes totales: (Ta)		18.583	4.966	5.690	4.358
Número de vehículos: (Tv)		963.071	308.060	240.066	209.551
Cálculo:					
	Iv =	0,019	0,016	0,024	0,021

Aquí podemos observar que el mayor número de accidentes por vehículo en un año se da a nivel de país.

Índice de mortalidad basado en la población				
Fórmula:	$I_m = T_m/T_p$			
donde:				
<i>I_m=Índice de muertes totales por habitante de la situación geográfica considerada</i>				
<i>T_m=Número total de muertes por accidentes de tránsito</i>				
<i>T_p=Número total de habitantes de la zona considerada</i>				
Datos:		País	Guayas	Quito
Muertes totales: (T _m)		1.801	435	267
Población: (T _p)		13.487.800	3.722.664	2.111.734
Cálculo:				
	I _m =	0,00013	0,00012	0,00013

Se puede verificar que el número de muertes por habitante es mayor en el país, en comparación con el índice de Quito y de Guayas.

Índice de mortalidad basado en la población (Según lazo M-Sanchez A)				
Fórmula:	$I = T \times 100\,000 / P$			
donde:				
<i>I=índice de mortalidad por cada 100 000 habitantes</i>				
<i>T=Número de muertes provocadas por accidentes de tránsito en un año</i>				
<i>P=Población del área</i>				
Datos:		País	Guayas	Quito
Muertes totales: (T)		1.801	435	267
Población: (P)		13.487.800	3.722.664	2.111.734
Cálculo:				
	I =	13,35	11,69	12,64

Al igual que el cuadro anterior se puede observar un mayor índice a nivel nacional que en Quito y Guayas.

<i>Índice de mortalidad basado en el registro de vehículos (Según lazo M-Sanchez A)</i>				
Fórmula:	$I = T \times 10\,000 / V$			
donde:				
<i>I=Índice de mortalidad por cada 10 000 vehículos registrados</i>				
<i>T=Número total de muertes ocasionadas por accidentes de tránsito, en un año</i>				
<i>V=Número total de vehículos registrados en el área.</i>				
Datos:		País	Guayas	Quito
Muertes totales: (T)		1.801	435	267
Población vehicular: (V)		963071	240.066	209551
Cálculo:				
	I =	18,70	18,12	12,74

A nivel país vemos una superioridad en comparación con Quito

A manera de comparación hemos extraído del boletín de las naciones Unidas CEPAL el siguiente cuadro de índices de accidentalidad de países de América Latina y de Europa:

País	A	B	C	D
Argentina	8536	23.56	1280	5.43
Brasil	20178	11.90	1040	8.74
Chile	2031	13.14	902	6.87
Paraguay	910	16.15	1820	11.27
Uruguay	811	24.28	1248	5.14
Colombia	8250	19.15	2959	15.45
Perú	4290	16.28	3548	21.79
México	17881	18.04	1467	8.13
Ecuador	1900	15.63	3059	19.57
Alemania	6977	8.46	133	1.57
Estados Unidos	42116	15.44	193	1.25
Francia	8160	13.94	249	1.78

Fuente: Instituto de Seguridad Vial de la República Argentina (ISEV) Febrero, 2003.

- A. Muertos en accidentes de tránsito (dato “duro” corregido por coef. ONU)
- B. Tasa de mortalidad por cada 100.000 habitantes.
- C. Tasa de mortalidad por cada 1.000.000 de vehículos.
- D. Índice de motorización social (cantidad de habitantes por vehículo)

4.3.2 Índices de accidentes año 2006 en la Autopista General Rumiñahui

Para el cálculo de estos índices se utilizará los siguientes datos:

Total de accidentes promedio en el año: 132

Número de vehículos en el año de análisis: 16.208.920

Tráfico diario promedio anual (TDPA): 44.408

Longitud de la Autopista General Rumiñahui: 11.4 Km.

<i>Índice de accidentes por unidad de longitud (Según Lazo M-Sanchez A)</i>		
Fórmula: $I = T/L$		
donde: <i>I=Índice de accidentes totales por kilómetro, en un período de un año</i> <i>T=Número total de accidentes que ocurren en un año</i> <i>L=Longitud de la sección analizada en kilómetros</i>		
Datos:	Autopista	
Accidentes totales: (T)	132	
Sección analizada (Km):(L)	11,4	
Cálculo:		
	I=	11,58

Así tenemos que en la autopista General Rumiñahui se producen 11,58 accidentes en un año por kilómetro

Fórmula: $I = T \times 1\,000\,000 / V$		
donde: <i>I=Índice de accidentes por cada millón de vehículos-kilómetro</i> <i>T=Número total de accidentes ocurridos en un año</i> <i>V=Número de vehículos-kilómetro de viaje en el camino o sección analizada</i>		
Datos:	Autopista	
Accidentes totales: (T)	132	
Vehículos-kilómetro:(V)	184.781.688,00	
Cálculo:		
	I =	0,71

Existen 0,71 accidentes de tránsito por cada millón de vehículos-kilómetro en la autopista Rumiñahui

<i>Índice de accidentes basado en el tránsito</i>		
Fórmula: $I_t = T_a / T_v1$		
donde: <i>I_t=Índice de accidentes por vehículo que circula en la situación geográfica considerada</i> <i>T_a=Número total de accidentes en la zona</i> <i>T_v1=Número total de vehículos que circulan en la zona</i>		
Datos:	Autopista	
Accidentes totales: (T _a)	132	
Vehículos totales: (T _{v1})	16.208.921,00	
Cálculo:		
	I _t =	0,000008

Aquí vemos que se produce 0,000008 accidentes por cada vehículo que circula por la autopista por año

4.4. Puntos de alta frecuencia

4.4.1 Posible armonización de los métodos de identificación de los tramos de concentración de accidentes (t.c.a.)

La importancia de localizar estas zonas o tramos, donde se registra una mayor acumulación de accidentes a lo largo de un periodo de tiempo determinado radica en que en ellos se concentran entre un 15 y un 25% del total de los accidentes, y, sin embargo, solamente suponen un 5 – 10% de la longitud de la red vial. Esta significativa concentración supone que la eficacia potencial de las actuaciones en estos tramos sea muy elevada y, por tanto, constituye un objetivo prioritario su tratamiento. Esto justifica la trascendencia de disponer de unos procedimientos y métodos lo mas precisos posibles para identificar correctamente estos tramos.

Concientes de esta necesidad, los diferentes organismos con responsabilidad en mejorar los niveles de seguridad de la circulación del tráfico vial han ido adoptando tecnologías adecuadas para su detección. No obstante, los procedimientos y parámetros considerados difieren de un organismo a otro dentro un mismo país, lo que se traduce en una carencia de homogeneidad en la información facilitada al público sobre la ubicación de estos tramos y una cierta dificultad añadida para conseguir el grado de coordinación deseable en las posibles actuaciones conjuntas.

La preocupación existente para reducir el nivel de los accidentes en las redes de carreteras ha motivado el desarrollo de métodos estadísticos que nos permitan identificar de una manera eficaz, los “Tramos de Concentración de Accidentes” (TCA), mas vulgarmente conocidos como puntos negros. Estos tramos representan aquellos puntos de la red en los que el riesgo de aparición de accidentes es superior al de otros tramos de características similares.

Su identificación permite, por una parte, realizar actuaciones de mejora de la seguridad vial directamente en aquellos puntos más necesitados, optimizando así el empleo de los recursos disponibles. Por otra parte, es de esperar que el análisis de los tramos de concentración de accidentes nos proporcione información útil para la mejora de los estándares en el diseño y construcción de carreteras.

Con el objeto de conocer la metodología empleada para la determinación de los tramos de concentración de accidentes por las distintas administraciones, tanto a nivel nacional como internacional, se constituyo un grupo de trabajo

en el seno del Comité Español de Seguridad Vial de la ATC, para comparar y analizar su adecuación desde un punto de vista técnico.

El principal objetivo de este grupo de trabajo era promover una armonización entre los diferentes sistemas empleados, que permitiese manejar datos estadísticamente comparables y que ayudarse a conseguir carreteras más seguras.

Por tratarse de temática relacionada con el proyecto de tesis, a continuación me permitiré publicar en esta tesis ponencias de varios profesionales, desde luego respetando sus derechos de autoría, para lo cual haré referencias, y que fueron expuestas en el VI Congreso Nacional y I Congreso Binacional de Ingeniería de Transporte realizado en la ciudad de Loja, Ecuador los días 7, 8, 9 de noviembre de 2007, donde también me permitieron disertar con una propia ponencia.

4.4.2 Técnicas estadísticas para la identificación de las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito (VI Congreso de Ing. De Tránsito, Ing. Rafael Feria Torres¹, Ing. Jorge Timana Rojas²):

Puntos Negros.

Resumen.

Los países desarrollados han implementado Programas de Seguridad Vial, dignos de imitar. Los Programas de Seguridad Vial buscan reducir el número accidentes de tránsito y comprenden tres etapas: la identificación de localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Locations), comúnmente conocidos como puntos negros, su diagnóstico y finalmente, la aplicación de medidas correctivas. Un APL se define como la localización que presenta una cantidad de accidentes mayor a un valor crítico establecido y se identifican utilizando diferentes criterios de medida como la frecuencia, la razón o tasa, la severidad o magnitud, o una combinación de estos, aplicando el doble o triple criterio de identificación. Inicialmente los APL se identificaban utilizando técnicas estadísticas simples, como el método del intervalo de confianza y el método del control de calidad. Sin embargo, debido a las limitaciones estadísticas de estos métodos, se recomienda la utilización de metodologías más elaboradas, como el análisis Bayesiano.

El presente trabajo busca mostrar las ventajas y desventajas de cada uno de los criterios y métodos estadísticos utilizados para la identificación de los APL, proceso que constituye el primer paso para optimizar las inversiones desarrolladas dentro de los Programas de Seguridad Vial.

Antecedentes.

A pesar de la creciente preocupación y el esfuerzo del Gobierno por mejorar la seguridad vial en nuestro país, los accidentes de tránsito nos siguen causando enormes costos sociales y económicos. Según las estadísticas de la Policía Nacional del Perú¹, entre los años 1.998 y 2.005 han muerto por accidentes de tránsito un total de 25 mil personas y han resultado heridas 250 mil, en un total de 617 mil accidentes de tránsito.

Si bien se acepta la existencia de algunos costos asociados al tránsito vehicular, tales como la contaminación del aire, obstrucción visual y los accidentes de tránsito; se debe tener en cuenta que los costos sociales y económicos

relacionados con los accidentes de tránsito son mucho mayores a los otros costos relacionados con el tránsito vehicular, debido a los daños materiales, lesiones y muertes de personas que provocan.

La importancia de este problema, nos debería obligar a establecer Programas de Seguridad Vial (PSV), similares a los desarrollados en países del primer mundo, pero adecuados a nuestra realidad.

El primer y principal objetivo de estos programas debería ser el identificar las localizaciones propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Locations), para luego definir las medidas correctivas más adecuadas.

Los PSV deben comprender las siguientes funciones:

1. Identificación de los APL. (¿Cuáles localizaciones son más propensas a sufrir accidentes de tránsito?)
2. Identificación de problemas, o diagnóstico (identificar por que razones estas localizaciones son más propensa a sufrir accidentes de tránsito)
3. Priorizar las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito según el orden de importancia y riesgo.
4. Identificación de posibles soluciones (definir las medidas correctivas más efectivas para atenuar la ocurrencia de accidentes de tránsito)
5. Situar las soluciones dentro de un PSV global que las contenga y organice.

El presente trabajo se centra en desarrollar los diferentes criterios de medida y técnicas estadísticas utilizadas para la identificación de los APL, detallando las ventajas y desventajas de su implementación dentro de la ejecución de un PSV.

Programas para la identificación de las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL.).

Estudios recientes (Navin)² demuestran que el diseño geométrico y la disposición de los dispositivos de control de tránsito en las vías, juegan un papel importante en la ocurrencia de algunos accidentes de tránsito, motivo por el cual la utilización de elementos y criterios de ingeniería permitirían mejorar el funcionamiento de estas localizaciones, reduciendo la ocurrencia de una cantidad importante de accidentes de tránsito.

Un APL se define como la localización (intersección o tramo de vía) que presenta una cantidad de accidentes mayor a un valor crítico establecido, el mismo que varía según la técnica estadística que se utilice. El número de

accidentes que pueden ocurrir en una determinada localización puede ser expresado en diferentes criterios de medida de accidentes de tránsito.

Criterios de medidas accidentes de tránsito

Los criterios de medidas de accidentes de tránsito permiten cuantificar en el tiempo los accidentes ocurridos en una vía o localización utilizando diferentes conceptos tales como frecuencia, razón, severidad o una combinación de estas.

Criterio de la frecuencia de accidentes (AF.)

La frecuencia de accidentes (AF) se define como el número de accidentes por localización, que se registran en un período específico de tiempo. Si el valor AF observado para una localización excede un valor crítico predefinido, esta localización es considerada como un APL. El valor crítico de frecuencia, usualmente varía según el tipo de área (urbana o rural) u otras variables como el tipo de carretera.

El uso de un mapa de localización de accidentes ha sido uno de los primeros métodos en la identificación de los APL, donde cada accidente es representado como un punto en el mapa. Diferentes colores y tamaños pueden ser usados para indicar el tipo y severidad de los accidentes. De esta manera se pueden identificar en el mapa los APL de mayor riesgo.

Otro método es el uso de dos mapas: uno para colocar los posibles accidentes que ocurrirán en el año, obtenidos de análisis estadístico simple y el otro para registrar los accidentes que realmente ocurren, lo cual permite comparar los pronósticos respecto a las localizaciones más críticas. Verificando si los pronósticos de ocurrencia de accidentes se cumplen de acuerdo a lo establecido por diferentes métodos estadísticos.

El principal inconveniente que presenta este método es que no toma en cuenta la exposición al tráfico (cantidad de vehículos que circulan por una localización durante un período específico de tiempo), es decir no tiene en consideración el efecto que puede provocar la diferencia en la cantidad de vehículos que circulan entre una vía y otra. Por ejemplo: 10 accidentes por localización. Podría ser considerados como un valor alto para un tráfico de 15.000 veh / día, y un valor bajo para un tráfico de 40.000 veh / día.

Criterio de la razón de accidentes (AR.).

La razón de accidentes (AR) es definida como el número de accidentes por millón de vehículos por kilómetro (mvk) para una sección o tramo de vía, y el número de accidentes por millón de vehículos (mev) para intersecciones.

$$\text{Tramos} \rightarrow AR = \frac{N * 10^6}{L * TMDA * t * 365} \quad (\text{ec. 1})$$

$$\text{Intersecciones} \rightarrow AR = \frac{N * 10^6}{TMDA * t * 365} \quad (\text{ec. 2})$$

Donde:

N = Número de accidentes registrados durante el tiempo t.

L = Longitud del Segmento o tramo.

TMDA = Promedio anual de volumen de tráfico diario, contando todas las llegadas en el caso de intersecciones.

t = tiempo de observación.

El cálculo de la razón de accidentes depende de la posibilidad de contar con un archivo de volumen de tráfico. Las localizaciones cuyo valor de razón de accidentes observado es mayor a un valor de razón predefinido son consideradas como APL.

La ventaja del uso de este método es que este permite comparar lo sucedido en lugares de las mismas características físicas pero con diferentes niveles de exposición de tráfico. Sin embargo aunque el AR permite ver los efectos de exposición de tráfico, este introduce otros problemas en la identificación de APL cuando el nivel de tráfico es pequeño.

Por ejemplo: 2 accidentes por año podrían ser considerados como una frecuencia pequeña para un análisis AF, pero para niveles de tráfico pequeños esta podría resultar importante. Por ejemplo en un kilómetro, de tramo de sección y un periodo de un año, dos accidentes podrían resultar en un AR mayor que 2, si se tiene niveles de tráfico menores que 2700 veh / día. Por lo tanto identificar los APL en base solamente a un criterio de razón de accidentes AR, podría ser engañoso.

Criterio de la razón – frecuencia de accidentes.

Debido a las limitaciones que implica el uso individual tanto del método de la frecuencia (AF) y el método de la razón (AR), algunos investigadores tales, como Zegeer y Deen (1977)³, sugieren el uso combinado de ambos criterios para identificar las localizaciones riesgosas.

Usualmente, las localizaciones cuya frecuencia es mayor al valor crítico son seleccionadas para luego ser ranqueadas usando el criterio de la razón de accidentes. Sin embargo algunos investigadores³ utilizan primero el criterio de la razón para seleccionar y luego ranquear utilizando el criterio de la frecuencia.

Otros investigadores⁸ definen el doble criterio cuando tanto los valores encontrados por el criterio de frecuencia y razón exceden los valores críticos predefinidos.

Criterio de severidad de accidentes (AS.)

El criterio de severidad utiliza la razón de severidad de accidentes (AS), definido como la suma de la ponderación de los accidentes fatales (F), accidentes con heridos (H) y accidentes con sólo daños a la propiedad (L) entre el total de accidentes (TA):

Existen diferentes tipos de ponderaciones. Agencias Canadienses⁴ utilizan pesos de 100, 10 y 1 para accidentes fatales, con heridos y con sólo daños personales respectivamente. Sin embargo el AS es una razón arbitraria que relaciona porciones de accidentes con varios niveles de severidad en un lugar dado y una adecuada ponderación puede ser hecha de acuerdo a las condiciones encontradas en la vía.

Las localizaciones son definidas con APL en función del criterio de AS, si el valor encontrado supera un valor crítico.

Técnicas estadísticas para identificar localizaciones de alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito.

Una alta frecuencia de accidentes no necesariamente puede significar que una localización sea realmente un APL. Esta alta frecuencia podría ser solamente causada por una variación aleatoria de ocurrencia de accidentes.

Una técnica óptima de identificación debería identificar localizaciones que realmente sean APL.

Para lograr este objetivo han sido desarrolladas y usadas diferentes técnicas estadísticas, sobre la base de un conjunto de datos históricos. Típicamente, una localización podría ser definida como APL si se observa que el número de accidentes registrados excede un valor definido como crítico, el mismo que varía según el método estadístico utilizado.

A continuación se hará una explicación de las algunas técnicas estadísticas utilizadas para identificar los APL.

Técnica del intervalo de confianza.

Una simple técnica estadística para identificar los APL es la definida como el Intervalo de Confianza, la cual considera que la frecuencia (AF) o razón de accidentes (AR) observada tiene una distribución normal. La técnica involucra el cálculo de un valor crítico, conjunto de datos, el cual es equivalente a la suma del promedio de los datos de frecuencia o razón de accidentes más el producto de un valor “K” (que dependen del nivel de confiabilidad) por la desviación estándar.

Un punto es considerado como un APL sí:

$$N_i > X + K * s \quad \square \text{ (ec. 4)}$$

Donde “Ni” es la frecuencia o razón de accidentes observada en una localización dada, “X” es la frecuencia o razón promedio medida de un determinado conjunto de datos, s es la desviación estándar y “K” es obtenido de una función de distribución normal (k = 1.645 para un nivel de confiabilidad de 95%).

La credibilidad de esta técnica estadística ha sido cuestionada por ser muy sensible a la variación de la media y desviación estándar de un conjunto de datos de frecuencia o razón. Otro importante problema con esta técnica estadística esta relacionado con la idea de que la distribución normal no considera la especial naturaleza aleatoria de la ocurrencia de accidentes.

Técnica del control de calidad.

El Método del control de calidad de la razón de accidentes (Nordon 1956)⁵, es la técnica estadística más utilizada por las diferentes agencias dedicadas a la identificación de los APL.

La técnica define una localización como un APL si el número o frecuencia de accidentes registrado supera un valor definido como crítico o la razón de accidentes registrada supera una razón crítica.

El principal fundamento de esta técnica define que el número de accidentes que ocurren en una determinada localización durante un determinado tiempo puede ser aproximado por una distribución de Poisson. Este fundamento es ampliamente aceptado entre investigadores de protección de tráfico y ha sido investigado muchas veces, consiguiendo ser sustentado con una basta cantidad de evidencia empírica. (Oppe 19826; 19927).

Basado en el principio de Poisson, que podemos escribir como

$$P(n) = e^{-a} * a / n! \quad (\text{ec. 5})$$

Donde:

$P(n)$ = La probabilidad de que “n” accidentes puedan ocurrir en una localización dada durante un cierto periodo

a = Número esperado de accidentes en una localización dada durante un período de tiempo.

La ecuación 5, también puede ser escrita como.

$$P(n) = e^{-\lambda m} * \lambda m / n! \quad (\text{ec. 6})$$

Donde:

λ = Razón de accidentes esperada en accidentes por millón de vehículos kilómetros

m = Número de vehículos en t años por millón.

t = tiempo de observación.

Los valores de “a” y “ λ ” son los promedios del número y la razón de accidentes de un conjunto de localizaciones con iguales características dentro de una región específica. Sobre la base de la ecuación 6, se puede calcular un valor de control límite U (Valor Crítico) tal que:

$$\text{Probabilidad}(X > U) = P \quad (\text{ec. 7})$$

Donde:

X = Número de accidentes observado.

P = Probabilidad límite predefinida.

El valor de control límite (Valor Crítico) puede ser calculado usando una tabla de distribución de Poisson. Sin embargo el cálculo de este valor de control límite usando estas tablas envuelve una doble interpolación (para “a” y para “X”) Nordon (1956)⁵, obtuvo satisfactoriamente valores aproximados del número y razón de accidentes críticos usando las siguientes fórmulas:

$$AFc = a + k\sqrt{a} + 0.5 \quad (\text{ec. 8})$$

$$ARc = \lambda + k + \sqrt{\lambda/m} + 0.5 * m \quad (\text{ec. 9})$$

Donde k es una constante relacionada con la probabilidad P:

Tabla N° 1-1

P	Nivel de significancia	k
0,0001	0,01%	3,719
0,0005	0,05%	3,290
0,0010	0,1%	3,090
0,0050	0,5%	2,576
0,0100	1%	2,326
0,0500	5%	1,645
0,1000	10%	1,282

Las localizaciones son consideradas como APL si los valores de frecuencia o razón de accidentes observados son mayores que los AFc ó ARc (Valores críticos) calculados con las ecuaciones 8 y 9, siempre y cuando la desviación de su media esperada no pueda ser razonablemente atribuida a la fluctuación aleatoria de la ocurrencia de accidentes.

Selección del método de identificación.

En muchos lugares se utilizan más de un método para identificar los APL. Generalmente el método de control de calidad es conjuntamente usado con el método de frecuencia de accidentes.

Aunque la frecuencia de accidentes no toma en cuenta la exposición de tráfico, este método es útil para excluir localizaciones con un bajo número de accidentes antes de aplicar el método de control de calidad y el cálculo de las razones críticas. Es también importante utilizar el método de severidad como un método suplementario Zegger (1977)⁴, debido a la posible existencia de localizaciones con una cantidad importante de accidentes severos (fatales y

con heridos), lo que podría implicar la inclusión de un análisis más elaborado para estas localizaciones, respecto a las localizaciones que implican sólo daños materiales.

El triple criterio que implica la combinación de la frecuencia de accidentes, la razón y la severidad, además de los valores críticos. Fue desarrollado por Abdelwahad y Sayed (1993)⁸, El cual identifica una localización como riesgosa si:

$$((AR > ARc \wedge AS > ASc \vee AF > AFc)) \quad (\text{ec. 10})$$

Donde:

ARc, ASc y AFc son los valores críticos para AR, AS y AF respectivamente.

Selección del periodo y longitud del tramo de análisis.

La selección del periodo y longitud del tramo de análisis de los datos correspondientes a accidentes de tránsito es muy complicada. Por ejemplo para longitudes de tramo muy pequeñas, la probabilidad de que no ocurra un accidente es casi uno. Cuando la longitud del tramo es muy grande, la identificación de los APL concentrados es muy difícil. Zegger (1977)⁴ indica que “la razón de accidentes en accidentes por millón de vehículos por milla llega a tener un inestable y cuestionable valor para longitudes pequeñas de tramo de carretera. (ie, menores a 0.3 millas). Nicholson (1980)¹⁰ recomienda no utilizar longitudes de tramo de análisis no menores a un (1.0) kilómetro.

La elección del periodo de tiempo de toma de datos es un problema controversial. En periodos de tiempo cortos existe una mayor probabilidad de detectar rápidamente cambios repentinos de ocurrencia de accidentes. Sin embargo diferentes consideraciones estadísticas de confiabilidad indican que mayores periodos de tiempo son requeridos; en cambio para tiempos largos existe la posibilidad de impedir la rápida detección de cambios repentinos en la razón de accidentes. Un periodo entre un o tres años es comúnmente usado en muchos estudios (Zegeer, 1977)³

Análisis por el método de Bayes de datos de accidentes.

La técnica del Control de Calidad de la Razón, considera que el número de accidentes esperado en una localización es un valor conocido. Sin embargo Nordon (1956)⁵ definió que al ser la ocurrencia de accidentes de tránsito una variable aleatoria, el verdadero valor del número de accidentes esperado para una localización dada nunca podrá ser conocido y por lo tanto debería ser siempre representado por una estimación.

El número de accidentes esperado en una localización es una variable aleatoria por si misma, la cual fluctúa sobre algún valor medio no conocido. Esta es la razón por la cual un conjunto de datos históricos de una localización dada no siempre refleja adecuadamente las características aleatorias de los accidentes. Por ejemplo, una localización que tiene una razón de accidentes baja para un gran período de tiempo podría haber tenido una mayor razón de accidentes durante una porción de tiempo comprendida dentro del gran período de tiempo. Esta variación aleatoria puede ser tomada en cuenta para una adecuada corrección del fenómeno estadístico conocido como Regresión a la Media (RTM.).

El fenómeno de regresión a la media se refiere a la tendencia en la cual eventos extremadamente grandes son seguidos por valores menores. Para ilustrar el fenómeno de regresión a la media, consideramos una localización hipotética con una frecuencia anual de accidentes que varía alrededor de 7 accidentes por año como se muestra en la figura 1.

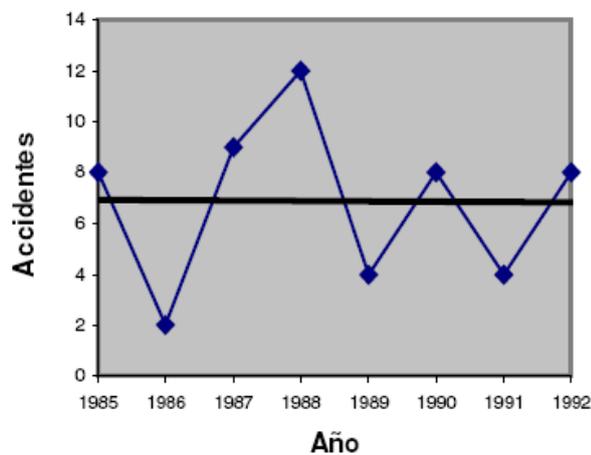


Figura N° 01. Efecto de regresión a la Media.

Considerando una localización específica en la cual varía considerablemente del promedio de accidentes de tránsito registrados en los años (1986 y 1988), en ambos casos se observa la tendencia de regresar al promedio en el año siguiente y cambiar el proceso de ocurrencia de accidentes. El tipo de análisis que sugiere tomar en cuenta este fenómeno es el Análisis de Bayesiano. Este método provee un mecanismo para combinar la información obtenida de diferentes maneras en análisis individuales. La ventaja que contiene este método, es considerar el número de accidentes en una determinada localización como una variable aleatoria, y combinar además las características regionales con la historia de accidentes de una localización específica para luego identificar la distribución de accidentes característica de cada localización y estimar sus parámetros.

El enfoque Bayesiano¹⁰ está basado en la interpretación subjetiva de la probabilidad, el cual considera a esta como un grado de creencia con respecto a la incertidumbre. El punto de vista bayesiano considera un parámetro desconocido (el número de accidentes esperado en una localización), como una característica con respecto a la cual puede expresarse un grado de creencia que se puede modificarse con base a una información muestral. El número de accidentes esperado en una localización es visto como una variable aleatoria a la que, antes de la evidencia muestral, se le asigna una distribución a priori con base en el grado de creencia con respecto al comportamiento del parámetro aleatorio. Cuando se obtiene la evidencia muestral, la distribución a priori es modificada y entonces surge una distribución a posteriori, la que se emplea para formular inferencias con respecto al parámetro de medida.

El teorema de Bayes puede ser matemáticamente definido como:

Si un cierto parámetro ϕ tiene una distribución previa $P(\phi)$ y para un valor específico ϕ , la probabilidad de generar x observaciones está dada por $P(x/\phi)$. La posterior distribución $P(\phi/x)$ de ϕ representa la determinación de la anterior dado que la observación es dada por:

$$P(\phi/x) = \frac{P(x/\phi) * P(\phi)}{\sum P(x/\phi) * P(\phi)} \quad (\text{ec. 11})$$

Si el total de intersecciones del universo X, tiene una distribución regional de accidentes, $P(x / \varphi_i)$, dada la tasa φ_i de cada intersección. La distribución a posteriori para cada intersección i, estará dada por:

$$P(\varphi_i / x) = \frac{P(x / \varphi_i) * P(\varphi_i)}{\sum_{i=1}^n P(x / \varphi_i) * P(\varphi_i)} \quad (\text{ec.12})$$

Típicamente, la distribución observada podría ser representada por una distribución Poisson o Binomial y una distribución a priori gamma o beta (Calvín, 199011). El principal problema es como estimar los parámetros de la distribución a priori. En un puro análisis bayesiano, los parámetros son usualmente asumidos en base a conocimientos de ingeniería y experiencias previas, mientras que en estudios empíricos de bayes, se estiman los parámetros usando una muestra de observaciones de la accidentes en localizaciones similares (similares a la localización investigada).

Aunque el método bayesiano se considera estadísticamente como un método superior respecto al método de control de calidad, este no es usado tan ampliamente por las diferentes agencias que realizan análisis de accidentes. La principal razón por la cual el uso de este método es limitado radica en su complejidad, además de imposibilidad de muchas agencias de contar con el soporte técnico adecuado.

Conclusiones.

1. El criterio de frecuencia no toma en cuenta la exposición al tráfico.
2. El criterio de razón de accidentes permite ver los efectos de exposición de tráfico, pero genera otros problemas cuando el nivel de tráfico es pequeño.
3. El criterio de severidad permite ponderar los daños materiales, lesiones y muertes de personas, facilitando su análisis.
4. Una alta frecuencia de accidentes no necesariamente puede significar que algún punto sea realmente riesgoso.
5. El Método del Intervalo de confianza no es muy creíble, por ser muy sensible a la variación de la media y desviación estándar de un conjunto de datos de frecuencia o razón.

6. Los métodos estadísticos tradicionales no toman en cuenta fenómenos estadísticos como la regresión a la media y los efectos no relacionados.
7. El método de Bayes es el más adecuado para la identificación de localizaciones con alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito.
8. El método de Bayes no es muy utilizado por las agencias de análisis de accidentes debido a su complejidad y a la falta de un adecuado soporte técnico.

4.4.3 Influencia de las zonas de dilema en la generación de accidentes tránsito en intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura

Ing. Rafael F. Feria Torres¹, Ing. Jorge Timana Rojas²¹¹

RESUMEN.

Los semáforos son dispositivos de control de tránsito orientados a reducir los puntos de conflicto de una intersección, al ordenar en el tiempo las líneas de flujo que conforman el tráfico vehicular y peatonal. La mayoría de semáforos en nuestro medio, utilizan diseños de ciclos inadecuados, implementados de forma empírica o a criterio de los técnicos municipales, quienes cuentan con escaso o nulo conocimiento de las teorías de diseño. Esta situación origina que los semáforos sean más un problema que una solución, ya que los diseños inadecuados, tienden a producir entre otras cosas accidentes de tránsito. La formación de la zona de dilema está relacionada con la duración del tiempo entre verdes y sobre todo con el ámbar. Una selección adecuada de la duración del ámbar, que incorpore el movimiento del vehículo durante el tiempo de percepción-reacción del conductor, puede reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes al eliminar la formación de zonas de incertidumbre. Este trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados de un estudio realizado en la ciudad de Piura, que demuestra la influencia que tiene el tiempo de ámbar con la formación de zonas de dilema, y por lo tanto con la ocurrencia de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas en la ciudad de Piura.

1 Antecedentes.

Durante el año 2000 se elaboró un trabajo de tesis 1, con la finalidad de dar a conocer las diferentes técnicas utilizadas en el análisis de accidentes de tránsito, especialmente el método de Bayes.

La zona definida para la aplicación de las diferentes técnicas para análisis de accidentes de tránsito fue el distrito de Piura, que forma parte de la unidad metropolitana de la ciudad de Piura, situada en el departamento del mismo

¹¹ Ver página N.- 187 Bibliografía y Referencias

nombre al noreste del Perú a 1,000 Km., de la ciudad de Lima. Sus coordenadas geográficas son 5° 12`de latitud Sur y 88° 32`de longitud Oeste. En la fecha de elaboración del estudio, la ciudad de Piura contaba con una población aproximada de 340,224 habitantes y con un área urbana de aproximadamente 3,200 Ha, conformada por el casco urbano antiguo (centro histórico), urbanizaciones, zonas industriales y una gran cantidad de asentamientos humanos donde se concentra más del 50% de la población. La ciudad de Piura se divide en dos distritos: el distrito de Piura y el distrito de Castilla, separados por el río Piura. El distrito de Piura se ubica en la margen derecha del río Piura que discurre de Norte a Sur. (Figura N° 01).

1.1. Introducción.

Sabiendo que la aplicación del método de Bayes a los datos de accidentes registrados entre los años 1998 y 1999 en el distrito de Piura, había encontrado que el 65% de las intersecciones semaforizadas son intersecciones riesgosas o más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Location)¹, se decidió profundizar en el análisis de la influencia de la zona de dilema en la generación de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas y riesgosas del Distrito de Piura.

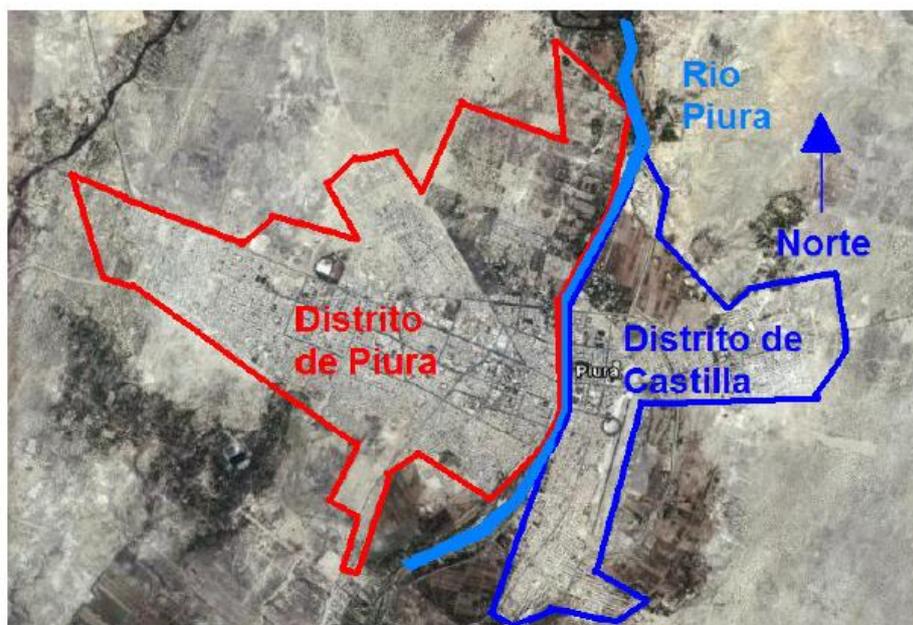


Figura N° 01: Ciudad de Piura, Unidad Metropolitana.

2 Las zonas de Dilema y la generación de accidentes de tránsito en intersecciones

Semaforizadas.

Para realizar este trabajo también fue necesario realizar una recopilación de información sobre el estado y funcionamiento de la red semafórica existente durante en el mismo periodo de aplicación del estudio antes mencionado, información que se obtuvo tanto del Estudio “Plan Regulador de Rutas para Piura y Castilla” elaborado por la Municipalidad Provincial de Piura en el año 2000, así como de los archivos de la División de Circulación Vial y Tránsito de la Municipalidad Provincial de Piura.

A continuación se realizará una pequeña explicación del concepto de zona de dilema, que nos servirá para entender su importancia dentro del comportamiento de una intersección semaforizada y por lo tanto su influencia en la ocurrencia de accidentes de tránsito.

2.1. Concepto de zona de dilema o incertidumbre.

Las zonas de dilema están relacionadas con la duración del tiempo entre verdes y sobre todo con la duración del ámbar. Una selección apropiada de la duración del ámbar que incorpore el movimiento del vehículo durante el tiempo de percepción – reacción del conductor, puede eliminar el problema de las zonas de dilema.

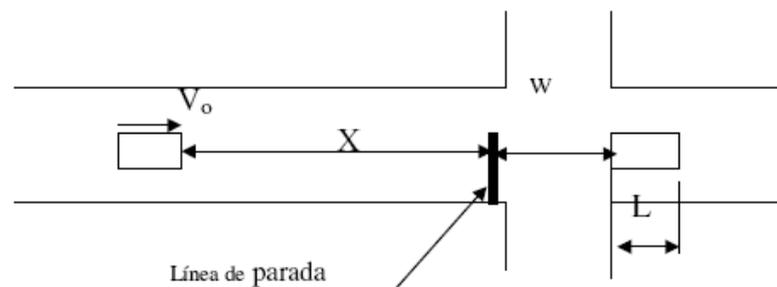


Figura N° 03. Vehículo acercándose a una intersección con semáforo

La figura N° 03 muestra a un vehículo acercándose a una intersección con semáforo encontrando las siguientes condiciones:

- * El vehículo llega a la intersección cuando la luz cambia a ámbar y se encuentra a una distancia X de la línea de parada.
- * El conductor debe decidir entre parar o seguir.
- * La maniobra de parada requiere que el vehículo recorra no más de X .
- * Despejada la intersección, por otro lado, requiere recorrer $(X + w + L)$ y esta distancia debe ser cubierta antes que la luz cambie a rojo.

Donde:

X = Distancia entre el vehículo y la línea de parada.

w = Longitud de la intersección.

L = Longitud del vehículo.

La zona de dilema o incertidumbre se genera cuando un vehículo que circula a través de una intersección a la velocidad límite, no puede realizar con éxito ninguna de las dos maniobras: para o seguir.

Según Gazis, La zona de dilema puede eliminarse seleccionando un apropiado tiempo mínimo de duración para el ámbar, lo que significa calcular un tiempo mínimo de intervalo entre verdes, utilizando la siguiente fórmula:

$$I = t_r + \frac{V_0}{2f_x g} + \frac{(w+L)}{V_0} \quad (\text{ec. 1})$$

Así, seleccionando adecuadamente una longitud promedio del vehículo, parámetros del factor humano (desaceleración cómoda, tiempo percepción – reacción) y el límite de velocidad V_0 , se puede especificar el ámbar mínimo (intervalo entre verdes) para el cual, salvo error del conductor, se asegura que si el vehículo no puede parar, pasará la intersección sin problemas.

3 Influencia de la zona de dilema en generación de accidentes en intersecciones semaforizadas.

El objetivo del presente estudio es identificar si existe alguna influencia de la zona de dilema en la generación de accidentes de tránsito en las intersecciones semaforizadas definidas como riesgosas.

Para la ejecución del análisis se realizará una descripción de la red semafórica de la ciudad y un diagnóstico detallado de su funcionamiento, principalmente su influencia en los diferentes tipos de colisiones y como estos se relacionan con el concepto de la zona de dilema.

3.1. Red semafórica de la ciudad de Piura.

Durante los años 1.998 y 1.999 el distrito de Piura contaba con una red de 20 intersecciones

semaforizadas que trabajaban en forma independiente.

El diagnóstico de los resultados de la aplicación del Método de Bayes, considerado por algunos especialistas como el método más adecuado para este tipo de análisis, se verificó que 13 de las 20 intersecciones semaforizadas, es decir el 65%, eran intersecciones riesgosas o más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Location). Ver Figura N° 02.

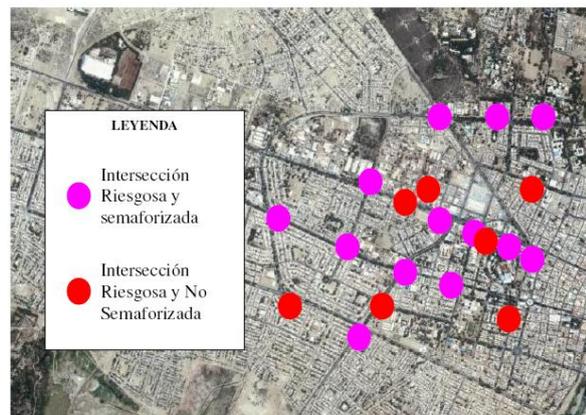


Figura N° 2. Intersecciones Riesgosas y Semaforizadas.

Esta situación nos lleva a cuestionar la eficiencia en el funcionamiento de los semáforos, a preguntarnos si trabajan adecuadamente o caso contrario, cuales serían las causas de su mal funcionamiento. En este sentido, cabría preguntarse si existe o no influencia de la zona de dilema en la generación de accidentes de tránsito en las intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura

Con el fin de encontrar respuestas para las dudas planteadas, se decidió realizar un diagnóstico sobre las causas que han generado que las intersecciones semaforizadas sean también consideradas como riesgosas o APL.

3.2. Diagnóstico de intersecciones semaforizadas y riesgosas.

Para identificar de manera adecuadas las deficiencias que han permitido la ocurrencia de accidentes de tránsito en intersecciones es necesario analizar los siguientes factores:

- 1.- Causas de accidentes (Alcohol, exceso de velocidad, etc.)
- 2.- Identificación de las características físicas de la vía que podrían haber influido en la ocurrencia de accidentes. (ancho de carriles, estado de la superficie, iluminación, etc.)
- 3.- Grado de Deficiencia de los elementos de control de tráfico (semaforización deficiente, falta de una adecuada señalización, etc.)

Dado que el objetivo de este estudio se centra en definir si existe alguna influencia de la zona de dilema en la generación de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas y riesgosas, en primer lugar analizaremos el tercer factor antes descrito, para lo cual primero se realizará una estadística de los tipos de colisiones más frecuentes en todas las intersecciones que se han definido como semaforizadas y riesgosas. Ver cuadro N° 04.

Cuadro N° 04: Distribución Porcentual por tipo de colisión en intersecciones Semaforizadas y Riesgosas

<i>Ítem</i>	<i>Nombre</i>	<i>Atropellos</i>	<i>Choque Frontal</i>	<i>Choque Lateral</i>	<i>Choque Posterior</i>	<i>Otros</i>
1	S. Cerro - Gullman	31%	3%	29%	35%	2%
2	Cáceres - Country	11%	0%	53%	29%	7%
3	S. Cerro - Loreto	10%	0%	37%	53%	0%
4	S. Cerro - Sullana	15%	0%	39%	46%	0%
5	Grau - Gullman	0%	0%	46%	50%	4%
6	Grau - C. Vallejo	5%	0%	26%	69%	0%
7	Cáceres - San Ramón	13%	0%	37%	44%	6%
8	Circunvalación - Gulman	11%	11%	48%	30%	0%
9	Grau - Vice	18%	6%	52%	18%	6%
10	S. Cerro - Country	10%	0%	55%	35%	0%
11	Grau - San Martín	21%	14%	50%	15%	0%
12	Cáceres - Sullana	17%	0%	49%	28%	6%
13	S. Cerro - Vice	7%	0%	73%	20%	0%
	PROMEDIO	13%	3%	46%	36%	2%

En la tabla anterior encontramos que el 82% de los accidentes son colisiones laterales y posteriores, motivo por el cual nos concentraremos en definir las probables causas de estos tipos de accidentes, para luego identificar las principales causas de accidentes por colisiones laterales y posteriormente nos apoyaremos utilizando las denominadas tablas patrón, que se muestran en las tablas N° 01, 02 y 03.

Tabla N° 01: Patrón de accidentes para choque Posterior en una intersección semaforizada

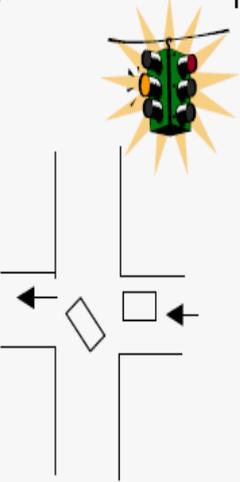
Patrón de Accidentes	Causas Probables	Probables Medidas Correctivas
<p data-bbox="395 293 667 450">Choque Lateral entre vehículo que gira a la izquierda y vehículo que sigue de frente</p> 	Alto volumen de giros a la izquierda.	<p data-bbox="858 293 1369 338">Proveer de Fase exclusiva de giro a la izquierda</p> <p data-bbox="858 338 1145 383">Prohibir giro a la izquierda</p> <p data-bbox="858 383 1289 427">Reorientar tráfico que gira a la izquierda</p> <p data-bbox="858 427 1118 472">Canalizar intersecciones</p> <p data-bbox="858 472 1289 517">Revisar y Recalcular Ciclo de Semáforo</p>
	Distancia de visual restringida	<p data-bbox="858 510 1082 555">Remover obstáculos</p> <p data-bbox="858 555 1118 600">Canalizar intersecciones</p> <p data-bbox="858 600 1369 645">Proveer de Fase exclusiva de giro a la izquierda</p> <p data-bbox="858 645 1262 689">Reducir la velocidad de aproximación</p>
	Ámbar Muy Corto	<p data-bbox="858 680 1086 725">Incrementar Ámbar</p> <p data-bbox="858 725 1102 770">Proveer de todo Rojo</p>
	Ausencia de giro a la izquierda	<p data-bbox="858 837 1369 882">Proveer de Fase exclusiva de giro a la izquierda</p>
	Velocidad excesiva en aproximación	<p data-bbox="858 956 1337 1001">Reducir la velocidad límite en aproximación</p>

Tabla N° 02: Patrón de accidentes para choque Lateral entre vehículos que siguen de frente en una intersección semaforizada.

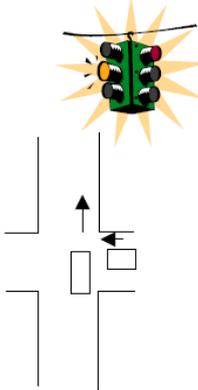
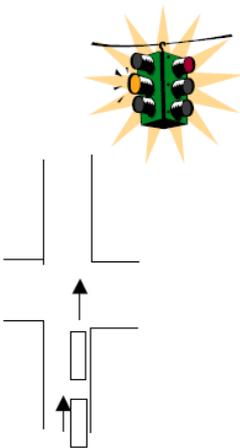
Patrón de Accidentes	Causas Probables	Probables Medidas Correctivas
<p>Choque Lateral entre vehículos que siguen de frente en intersección semaforizada.</p> 	Distancia de visual restringida	Remover obstáculos Restringir el estacionamiento en esquinas Colocar señales de Advertencia Reducir velocidad límite en aproximación Canalizar intersecciones
	Velocidad excesiva en aproximación	Remover obstáculos Aumentar fase de ámbar Instalar reductores de velocidad
	Poca visibilidad de señalización	Instalar mecanismos avanzados advertencia de peligro Colocar faros de 12" para todas las señales Mejorar ubicación de señales
	Inadecuado tiempo de fases de semáforos	Ajustar fase de ámbar Proveer de todo Rojo Colocar un control multimedial Instalar una señalización adecuada Rediseñar tiempos de fases
	Inadecuada Iluminación	Mejorar iluminación
	Elevado volumen de tráfico en intersecciones	Rediseñar tiempos de fases Ampliar ancho de carril

Tabla N° 03: Patrón de accidentes para choque Lateral entre un vehículo que gira a la izquierda y un vehículo que sigue de frente en una intersección semaforizada.

Patrón de Accidentes	Causas Probables	Probables Medidas Correctivas
<p>Choque Posterior en Intersección Semaforizada</p> 	Pavimento Deslizante	Mejorar Pavimento (sobre capa) Proveer de drenaje adecuado Reducir velocidad límite en aproximación Colocar Señal de advertencia "Pavimento Resbaloso cuando llueve"
	Elevado Número de vehículos que giran	Proveer carriles de giro a la izquierda o/y derecha Prohibir giros Incrementar radio de curvatura Proveer de fases para giros exclusivos
	Pobre visibilidad de Semáforos	Cambiar ubicación de Semáforo Instalar Censores Señales Elevadas Colocar faros de 12" para todas las señales Identificar y Mover obstáculos
	Fases inadecuadas de semáforo	Revisar y ajustar fases de semáforo Ajustar fase de ámbar Proveer de un todo rojo adecuado
	Cruce de Peatones	Mejorar marcas de cruceos Proveer fase de semáforo peatonal

Analizando las tablas patrón mostradas anteriormente, las mismas que han sido elaboradas para facilitar la identificación de las causas probables de los accidentes de tránsito en colisiones laterales y posteriores, encontramos que en todas se presenta como causa probable del accidente de tránsito, un “inadecuado tiempo de fases de semáforo”. Así mismo, las tablas patrón plantean como alternativa de solución el incrementar el valor de Ámbar y proveer de un valor de todo rojo, variables directamente relacionadas con las teorías de zona de dilema.

Análisis de los ciclos de semáforo existentes.

Con el objetivo de verificar si existe o no una influencia de la zona de dilema en la generación de accidentes de tránsito en las intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura, se procedió a revisar y analizar los ciclos de semáforos existentes en cada una de las 13 intersecciones semaforizadas que resultaron identificadas como intersecciones riesgosas o APL. Principalmente los valores intervalo entre verdes reales “*Ir*” de cada intersección para luego compararlos con los valores de intervalo entre verdes óptimos “*Io*” calculados utilizando la fórmula de la ecuación N° 01, con las siguientes consideraciones.

t_r = tiempo de percepción–reacción A = 1 segundo

f_x = factor de estado de pavimento B. = 0,33

Tomando en cuenta que cada una de las 13 intersecciones semaforizadas consideradas riesgosas presentan 02 valores de intervalo entre verdes se comparan los 26 valores de intervalo entre verdes reales “*Ir*” respecto a los valores de intervalo entre verdes óptimos “*Io*” encontrando los resultados mostrados en el cuadro N° 02.

Ítem	Fase	Avenida, Calle, Jr	I_r Seg.	I_o Seg.	I_r/I_o %
1	N° 01	Av. Sánchez Cerro	4,0	6,0	67%
	N° 02	Av. Vice	4,0	6,0	67%
2	N° 01	Av. Sánchez Cerro	5,0	7,0	71%
	N° 02	Av. Gullman	5,0	7,0	83%
3	N° 01	Av. Sánchez Cerro	1,0	6,0	17%
	N° 02	Av. M de Uchuracay	1,0	7,0	14%
4	N° 01	Av. Sánchez Cerro	5,0	7,0	71%
	N° 02	Av. Sullana	5,0	7,0	71%
5	N° 01	Av. Sánchez Cerro	1,0	5,0	20%
	N° 02	Av. Loreto	1,0	5,0	20%
6	N° 01	Av. Grau	3,0	5,0	60%
	N° 02	Av. Cesar Vallejo	3,0	5,0	60%
7	N° 01	Av. Grau	10,0	5,0	200%
	N° 02	Av. Vice	10,0	5,0	200%
8	N° 01	Av. Grau	4,0	7,0	57%
	N° 02	Av. Gullman	4,0	6,0	67%
9	N° 01	Av. Grau	1,0	5,0	25%
	N° 02	Av. San Martín	1,0	5,0	20%
10	N° 01	Av. Circunvalación	5,0	5,0	100%
	N° 02	Av. Gullman	5,0	5,0	100%
11	N° 01	Av. Cáceres	9,0	6,0	150%
	N° 02	Av. Sullana	9,0	6,0	150%
12	N° 01	Av. Cáceres	6,0	6,0	100%
	N° 02	Av. Mártires de Uchuracay	6,0	7,0	86%
13	N° 01	Av. Cáceres	6,0	5,0	120%
	N° 02	Av. San Ramón	6,0	7,0	86%
PROMEDIO			4,6	5,9	

Cuadro N° 02. Comparación de valores de intervalo entre verdes.

El cuadro N° 02 se puede resumir en el cuadro N° 03.

Cuadro N° 03. Distribución de los valores I_r/I_o

ítem	Porcentaje I_r/I_o	Cantidad	Porcentaje
1	0 – 25%	6	23%
2	25 – 50%	0	0%
3	50 – 75%	10	38%
4	75 – 100%	5	19%
5	100 – a mas	5	19%

En la comparación del Intervalo entre verdes (I) mostrada en los cuadros N° 02 y N° 03 podemos encontrar que:

- 1.- El valor promedio de I_r es de 4,6 seg.
- 2.- El valor promedio de I_o es de 5,9 seg.
- 3.- La diferencia promedio de $I_o - I_r$ es de 1,3 seg.
- 4.- EL 23% de los Valores de I_r alcanzan entre 0 –5% del Valor Optimo de Intervalo entre verdes

- 5.- El 38% de los Valores de Ir alcanzan entre 50 – 75% del Valor Optimo de intervalo entre verdes.
- 6.- El 19% de los Valores de Ir alcanzan entre 75– 100% del Valor Optimo de intervalo entre verdes.
- 7.- El 19% de los Valores de Ir tiene más del 100% del Valor Optimo de intervalo entre verdes.
- 8.- 18 valores de Ir/Io son mayores al 100% lo cual representa el 69% de los valores totales.
- 9.- 03 valores de Io es igual al Io lo cual representa el 12% de los valores totales.
- 10.- 05 valores de Io son menores al Ir lo cual representa el 19% de los valores totales.

De los datos anteriores podemos concluir que el 69% de las intersecciones semaforizadas y riesgosas tienen valores de intervalo entre verdes existentes menores a los valores de óptimos y por lo tanto generan “Zonas de Dilema”.

3.4. Análisis de resultados.

- 1.- Aplicando el Método de las Tablas Patrón encontramos que una de las probables causas de los accidentes de tránsito con colisiones laterales y posteriores es la inexistencia o el mal diseño de las fases del semáforo y que un buen diseño de fases podría reducir la ocurrencia de accidentes de este tipo. Conociendo además, que un eficiente diseño de fase de semáforo, comprende también el cálculo de un adecuado valor de intervalo entre verdes, el mismo que es igual a la suma del ámbar y el todo rojo y que este tiene una relación directa con la zona de dilema, podemos concluir que el cálculo de un adecuado intervalo entre verdes podría reducir la ocurrencia de accidentes con colisiones laterales y posteriores.
- 2.- En la ciudad de Piura, el 65% de las intersecciones semaforizadas son también intersecciones con alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. El 82% de los accidentes en intersecciones semaforizadas y riesgosas son colisiones laterales, posteriores y según el método de las tablas patrones se podrían deber a un deficiente diseño del Intervalo entre verdes.

El 69% de los valores de Intervalos entre verdes existentes en intersecciones semaforizadas y riesgosas son menores a los valores de intervalo entre verdes óptimos y por lo tanto generan “Zona de Dilema”. Por lo tanto la zona de dilema podría tener influencia directa en el 57% de los accidentes ocurridos en intersecciones riesgosas y semaforizadas

4 Conclusiones y recomendaciones.

- 1.- El 82% de los accidentes registrados entre los años 1998 y 1999 en las 13 intersecciones semaforizadas consideradas riesgosas son colisiones laterales y posteriores.
- 2.- La aplicación del Método de las Tablas Patronas nos demuestra que el uso de un inadecuado valor de intervalo entre verdes (Iex), es una de las principales causas de las colisiones laterales y posteriores.
- 3.- El 69% de las intersecciones semaforizadas y riesgosas tienen valores de intervalo entre verdes existentes menores a los valores de óptimos y por lo tanto generan “Zonas de Dilema”.
- 4.- Se recomienda realizar un rediseño de los ciclos de semáforo de todas las intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura con el fin de reducir el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito.
- 5.- Se considera necesaria la capacitación de los técnicos Municipales encargados del funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de semaforización de las ciudades.

4.4.4 El método de Bayes aplicado en la identificación de las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito

Ing. Rafael Feria Torres, Ing. Jorge Timana Rojas¹²

RESUMEN.

La frecuencia y la razón de accidentes en una localización particular, son variables aleatorias cuyo verdadero valor no se puede predecir con absoluta certeza, esto origina que el proceso de identificación de las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; por sus siglas en inglés) esté sujeto a cierta incertidumbre. Normalmente la identificación de los APL se realiza con técnicas estadísticas simples, tales como el método del intervalo de confianza y control de calidad. Sin embargo, debido a la limitación que estos métodos presentan ante fenómenos estadísticos propios de variables aleatorias, es conveniente la utilización de metodologías más elaboradas como el análisis Bayesiano que si considera los fenómenos estadísticos de regresión a la media y los efectos no relacionados. Aun cuando el análisis Bayesiano es un método estadísticamente superior respecto de otros métodos, su uso en el análisis de accidentes de tránsito no ha sido tan difundido como en la medicina. La razón principal radica no sólo en la propia complejidad del método, sino en la dificultad de organismos locales de contar con un soporte técnico adecuado. El presente trabajo tiene como objetivo presentar un ejemplo práctico de aplicación del método Bayesiano en la identificación los APL en la ciudad de Piura.

1.- Antecedentes.

Los métodos estadísticos del intervalo de confianza y el control de calidad, tradicionalmente usados para la identificación de localizaciones riesgosas o propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Location), presentan limitaciones frente a fenómenos estadísticos propios de variables aleatorias como la regresión a la media.

¹² Ver página N.- 182 Bibliografía y Referencias

Un tipo de análisis que si toma en cuenta fenómenos estadísticos propios de variables aleatorias es el método de Bayes, el cual considera al número de accidentes esperado en una localización como una variable aleatoria por si misma, la cual fluctúa sobre algún valor medio no conocido.

Aunque el método bayesiano es considerado como un método estadísticamente superior a los métodos del intervalo de confianza y de control de calidad, aun no es tan ampliamente usado por las diferentes agencias que realizan análisis de accidentes, debido a su complejidad. Además, de la imposibilidad de contar con el soporte técnico adecuado.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar las ventajas del método estadístico de Bayes frente a los métodos estadísticos tradicionales. Además de mostrar un ejemplo práctico de aplicación del método Bayesiano en la identificación de las APL en la ciudad de Piura.

2.- Los métodos estadísticos tradicionales.

Tradicionalmente las agencias especializadas en la identificación de los APL han utilizados dos métodos o técnicas estadísticas conocidas como:

2.1. Intervalo de confianza.

La técnica del Intervalo de Confianza, considera que el número o frecuencia accidentes observada

(AF)₁, así como la razón o tasa de accidentes observada (AR)₁ tienen una distribución normal.

Un punto es considerado como un APL sí:

$$N_i > X + K * s \quad \square \text{(ec. 1)}$$

Donde “N_i” es la frecuencia o razón de accidentes observada en una localización dada, “X” es la frecuencia o razón promedio medida de un determinado conjunto de datos, “s” es la desviación estándar y “K” es obtenido de una función de distribución normal.

La credibilidad de esta técnica estadística ha sido cuestionada por ser muy sensible a la variación de la media y desviación estándar de un conjunto de

datos de frecuencia o razón, además de no considerar la especial naturaleza aleatoria de la ocurrencia de accidentes.

2.2. Control de calidad.

El Método del control de calidad considera que la frecuencia y la razón de accidentes que ocurren en una determinada localización durante un determinado tiempo, puede ser aproximados en una distribución de Poisson. Este fundamento es ampliamente aceptado entre investigadores de protección de tráfico y ha sido investigado muchas veces, consiguiendo ser sustentado con una basta cantidad de evidencia empírica. (Oppe 1982²; 1992³).

Nordon (1956)⁴ obtuvo satisfactoriamente valores aproximados del número y razón de accidentes críticos usando las siguientes fórmulas:

$$AFc = a + k\sqrt{a} + 0.5 \quad (\text{ec. 2})$$

$$ARc = \lambda + k + \sqrt{\lambda/m} + 0.5 * m \quad (\text{ec. 3})$$

Donde k es una constante relacionada con la probabilidad P:

Las localizaciones son consideradas como APL si los valores de frecuencia o razón de accidentes observados son mayores que los AFc ó ARc (Valores críticos) calculados con las ecuaciones 8 y 9, siempre y cuando la desviación de su media esperada no pueda ser razonablemente atribuida a la fluctuación aleatoria de la ocurrencia de accidentes.

2.3. Método de Bayes.

La técnica del Control de Calidad de la Razón presenta una importante limitación en el análisis variables aleatorias como los accidentes de tránsito Nordon (1956)⁴, al no tomar en cuenta el efecto de fenómenos estadísticos como la Regresión a la Media (R.T.M.).

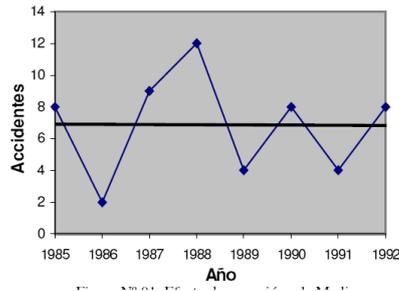


Figura N° 01. Efecto de regresión a la Media.

El fenómeno de regresión a la media se refiere a la tendencia en la cual eventos extremadamente grandes son seguidos por valores mucho menores o viceversa.

La figura N° 01 ilustra el fenómeno de regresión a la media, al considerar una localización hipotética donde los promedios de accidentes registrados en los años 1.986 y 1.988 varían considerablemente respecto de una frecuencia anual de accidentes promedio de 7 accidentes por año, buscando siempre regresar al promedio en el año siguiente.

El tipo de análisis que si toma en cuenta el fenómeno de regresión a la media es el Análisis de Bayesiano.

El teorema de Bayes puede ser matemáticamente definido como:

Si un cierto parámetro ϕ tiene una distribución previa $P(\phi)$ y para un valor específico ϕ , la probabilidad de generar x observaciones esta dada por $P(x/\phi)$. La posterior distribución $P(\phi/x)$ de ϕ representa la determinación de la anterior dado que la observación es dada por:

$$P(\phi/x) = \frac{P(x/\phi) * P(\phi)}{\sum P(x/\phi) * P(\phi)} \quad (\text{ec. 4})$$

Típicamente, la distribución observada podría ser representada por una distribución Poisson o Binomial y una distribución a priori gamma o beta (Calvín, 19906).

Aunque el método bayesiano es considera estadísticamente como un método superior respecto al método de control de calidad, este no es usado tan ampliamente debido a su complejidad.

A continuación se desarrollara en forma detallada la metodología de Bayes y su aplicación en los análisis para la identificación de localizaciones riesgosas o APL.

2.4. Desarrollo de la metodología de Bayes.

EL análisis Bayesiano difiere significativamente del análisis estadístico clásico de accidentes. El motivo del uso del análisis Bayesiano es el deseo de tratar la razón actual de accidentes de una localización, como una variable aleatoria y el uso de una combinación de las características regionales de accidentes y la historia de accidentes de una localización para luego determinar la probabilidad de que la localización sea un APL. De esta manera se mejora la forma de utilización de la información aprovechable en la identificación de las intersecciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito.

El método de Bayes de puede dividir en dos pasos. En el primer paso, podemos tomar en cuenta la historia de accidentes a través de un conjunto de intersecciones (todas las localizaciones con características similares definidas dentro una región.) El resultado de este paso es una gruesa estimación de la distribución de probabilidad de la razón de accidentes a través de una región. Luego se puede usar esta distribución regional y la historia de accidentes de una determinada localización para obtener una estimación refinada de la distribución de probabilidad que es asociada con la razón de accidentes en una localización particular. Naturalmente esta estimación refinada se obtiene para todas las localizaciones definidas dentro de la región, por lo tanto dos localizaciones con una idéntica historia de accidentes tendrán una misma estimación refinada. Con esta estimación refinada uno puede evaluar la probabilidad de que alguna localización pueda ser riesgosa.

Para formalmente definir el proceso de identificación del método Bayesiano, se requiere la siguiente notación:

Para formalmente definir el proceso de identificación del método Bayesiano, se requiere la siguiente notación:

λ_{o_i} = Razón de accidentes en una localización i (notar que λ_{o_i} es considerada como una variable aleatoria)

N_i = Número de accidentes registrados en la localización i durante el tiempo en cuestión.

V_i = Número de vehículos que pasan a través de la localización i durante el tiempo en cuestión

$f_i(\lambda | N_i, V_i)$ = Función densidad de probabilidad asociada con la razón accidentes en una localización i , dada por las observaciones N_i y V_i

$f_R(\lambda)$ = Función densidad de probabilidad asociada con la razón de accidentes a través de la región.

De esta manera, $f_R(\lambda)$ representa una gruesa estimación de la distribución de probabilidad de la razón de accidentes a través de la región, y $f_i(\lambda | N_i, V_i)$ representa la refinada estimación de la distribución de probabilidad en la localización i , como previamente se discutió. Sin embargo la función de distribución acumulada asociada con la razón de accidentes, λ_i , esta dada por la ecuación:

$$P\{\lambda_o \leq \lambda\} = \int_0^{\lambda} f_i(\lambda | N_i, V_i) d\lambda \quad (\text{ec. 5})$$

El desarrollo de este análisis esta basado en las siguientes suposiciones, las cuales son similares a las dadas por Morín⁷, Nordenet, además de Hauer, Persaud, y Glauz

A1. En una localización dada, cuando la razón de accidentes es conocida (si $\lambda_{o_i} \leq \lambda$) el actual número de accidentes sigue una distribución de Poisson con un valor esperado λV_i , que es:

$$P\{N_i = n | \lambda_i = \lambda, V_i\} = \frac{(\lambda V_i)^n}{n!} * e^{-\lambda V_i} \quad (\text{ec. 6})$$

A2. La distribución de probabilidad de la razón regional de accidentes $f_R(\lambda)$ es una distribución Gamma.

La primera suposición indica el motivo por el cual la actual razón de accidentes es explícitamente tratada como una variable aleatoria, la distribución condicional del número de accidentes (razón de accidentes dada) es una distribución de Poisson. La segunda suposición implica que:

$$F_R\{\lambda\} = \frac{\beta^\alpha * \lambda^{\alpha-1} * e^{-\beta\lambda}}{\Gamma(\alpha)} \quad (\text{ec. 7}).$$

A2. La distribución de probabilidad de la razón regional de accidentes $f_R(\lambda)$ es una distribución Gamma.

La primera suposición indica el motivo por el cual la actual razón de accidentes es explícitamente tratada como una variable aleatoria, la distribución condicional del número de accidentes (razón de accidentes dada) es una distribución de Poisson. La segunda suposición implica que:

$$F_R\{\lambda\} = \frac{\beta^\alpha * \lambda^{\alpha-1} * e^{-\beta\lambda}}{\Gamma(\alpha)} \quad (\text{ec. 7}).$$

Para unos α y β , de esta manera, el primer paso se asocia con el análisis bayesiano, debido a que la determinación de $f_R(\lambda)$, es necesaria para determinar los valores de α y β . Teniendo en cuenta que existen diferentes métodos para obtener los valores α y β . El más comúnmente usado para estimar los valores α y β es el método de los Momentos Estimados (MME)⁸, donde α y β son elegidos para que la media y la varianza asociadas con la distribución gamma sean iguales a la media y la varianza del ejemplo. Esto es, permitir que “X” es la media del ejemplo de las razones observadas, “s²” la varianza del ejemplo de las razones observadas, y “m” el número de localizaciones que existen en la región. Luego.

$$\lambda_p = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m \frac{N_i}{V_i} \quad (\text{ec. 8}).$$

$$s^2 = \frac{1}{m-1} * \sum_{i=1}^m \left(\frac{N_i}{V_i} - \lambda_p \right)^2 \quad (\text{ec. 9}).$$

Usando el método de los Momentos Estimados, uno selecciona un α y β tal que $\lambda_p = \alpha/\beta$ y $s^2 = \alpha/\beta^2$, o lo equivalente, $\beta = u / s^2$ y $\alpha = \beta u$

Una vez que los valores α y β han sido determinados, el primer paso ha sido completado. En el segundo paso, la razón de accidentes observada en cada localización es usada en combinación con la gruesa estimación de la distribución de probabilidad regional para obtener una función densidad de probabilidad específica en cada localización, $f_i(\lambda | N_i, V_i)$. Esta función densidad es obtenida usando el teorema Bayes. Esto es:

$$f_i(\lambda | N_i, V_i) = \alpha f_i(N_i | \lambda, V_i) f_R(\lambda) \quad (\text{ec. 10}).$$

Dentro del mecanismo de trabajo del Análisis Bayesiano, es bien conocido que bajo las suposiciones A1 y A2, el resultado es una distribución $f_i(\lambda | N_i, V_i)$. La cual es una distribución

gamma. Sin embargo los parámetros asociados con esta distribución, α_i y β_i , son fácilmente obtenidos de la original elección de α y β y los datos observados, N_i y V_i de la siguiente manera:

$$\alpha_i = \alpha + N_i \quad (\text{ec. 11}).$$

$$\beta_i = \beta + V_i \quad (\text{ec. 12}).$$

De esta manera la función probabilidad asociada con la razón de accidentes en una localización i (λ_i). Esta dada por:

$$f_i(\lambda | N_i, V_i) = \frac{\beta_i^{\alpha_i}}{\Gamma(\alpha_i)} * \lambda^{\alpha_i-1} * e^{-\beta_i * \lambda} \quad (\text{ec. 13}).$$

Notar que N_i y V_i incrementan, los parámetros de lugares específicos (α_i y β_i) los cuales, podrían ser fácilmente determinados mediante los datos observados (N_i y V_i), y el uso de una computadora.

Con el uso de las funciones de probabilidad la identificación de los APL es más fácil, esto quiere decir que si “ λ ” es un valor límite en una “aceptable” razón de accidentes, luego se quiere identificar una localización como APL si la probabilidad es tal que “ λ_i ” excede “ λ ”. Esto es, si

$$P(\lambda_i > \lambda | N_i, V_i) > \delta \quad (\text{ec. 14}).$$

Donde δ es un nivel de tolerancia, este valor de tolerancia debe ser definido en función del grado del grado de precisión que el investigador requiera.

2.4.1. Aplicación de Método de Bayes.

En la práctica existen dos comunes criterios para la identificación de localizaciones riesgosas Los cuales se definen de la siguiente manera:

Criterio 1 (C1).

Siendo λ_{o_i} la razón de accidentes observada de una localización i , y λ_p la media de las razones de accidentes observadas en toda la región, la localización es considerada una APL si la probabilidad de que λ_{o_i} exceda a λ_p , es mayor que δ .

Es necesario tener en cuenta que el Método de Bayes trata a la razón de accidentes en una determinada región como una variable aleatoria y obtiene una refinada estimación de esta distribución de probabilidad, tal que, si

$$P(\lambda_{o_i} > \lambda_p / N_i, V_i) > \delta \quad (\text{ec. 15}).$$

Se puede decir que una localización es un APL. En consecuencia, la identificación de localizaciones riesgosas usando el criterio C1 envuelve la computación de:

$$P(\lambda_i > \lambda / N_i, V_i) = 1 - P(\lambda_{o_i} \leq \lambda_p) \quad (\text{ec. 16}).$$

$$P(\lambda_i > \lambda / N_i, V_i) = 1 - \int_0^{\lambda_p} \frac{\beta_i^{\alpha_i}}{\Gamma(\alpha_i)} * \lambda^{\alpha_i-1} * e^{-\beta_i * \lambda} \partial \lambda \quad (\text{ec. 17}).$$

Si el valor computado es mayor que δ , la localización es definida como un APL.

Otra forma de expresar este criterio 1 es:

$$P = 1 - \int_0^{\lambda_p} \frac{\beta_i^{\alpha_i + \lambda_{cr} * V_i}}{\Gamma(\alpha_i)} * \lambda^{(\alpha_i + \lambda_{cr} * V_i - 1)} * e^{(-\beta_i * \lambda)} \partial \lambda \quad (\text{ec. 18}).$$

Donde:

λ_{cr} = tasa crítica de accidentes en cada intersección

De esta forma se puede calcular la razón crítica de cada localización (λ_{cr}), el cual es el valor de razón, para el cual la probabilidad de que la razón observada λ_{o_i} sea mayor a λ es igual a δ (0.90, 0.95 o 0.99). Este método permite hacer una tabla de valores λ_{o_i} y λ_{cr} con la cual se puede elaborar un grafico como comparación.

Criterio 2 (C2)

Siendo “ λ_{oi} ” la razón de accidentes observada en una localización “i”, y “ λ_r ” la razón de accidentes regional observada en toda la región, la localización “i” es considerada un APL si la probabilidad de que “ λ_{oi} ” exceda “ λ_r ” es mayor a δ .

Donde la razón de accidentes regional observada es definida como:

$$\lambda_r = \sum \frac{N_i}{V_i} \quad (\text{ec. 19}).$$

Lo que significa que, bajo este criterio una localización es considerada un APL cuando:

$$P(\lambda_{oi} > \lambda_r / N_i, V_i) > \delta \quad (\text{ec. 20}).$$

Igual a:

$$P = 1 - \int_0^{\lambda_r} \frac{\beta_i^{\alpha_i}}{\Gamma(\alpha_i)} * \lambda^{(\alpha_i-1)} * e^{(-\beta_i * \lambda)} \partial \lambda$$

Si el valor computado es mayor que δ , la localización es considerada como riesgosa o APL.

2.4.1. Ranking para priorizar el estudio de las localizaciones riesgosas o APL.

Una vez ubicadas las localizaciones más propensas a sufrir accidentes de tránsito, es necesario definir un ranking de peligrosidad. Esto permitirá establecer un orden de prioridad. El cual será necesario para definir que localizaciones deben ser estudiadas y analizadas en primera instancia, con el fin de establecer sus deficiencias y las medidas correctivas que son necesarias para atenuar la ocurrencia de accidentes en estos puntos.

Existen dos criterios para definir un ranking de riesgo de ocurrencia de accidentes, los cuales se pueden aplicar tanto al Método de Control de Calidad como al Método de Bayes, estos se definen de la siguiente manera:

Criterio 1 (AR/Arc > 1).

Donde:

AR = Es la razón de accidentes observada en cada localización, esta notación es válida tanto para el ranking por método de Control de Calidad como para el Método de Bayes.

ARc = Es la razón crítica de accidentes en cada intersección en el caso del Método de Control de Calidad y como “ λ_{cr} ” para el Método de Bayes

Criterio 2 ((AR-ARc)*m)

Donde:

AR = Es la razón de accidentes observada en cada intersección, esta notación es válida tanto para el ranking por método de Control de Calidad como para el Método de Bayes.

ARc = Es la razón crítica de accidentes en cada intersección en el caso del Método de Control de Calidad y como “ λ_{cr} ” para el Método de Bayes.

$$m = \frac{TMDA * t * 365}{1000,000} \quad (\text{ec. 21}).$$

donde:

TMDA = Promedio de volumen de tráfico medio diario anual.
t = tiempo de observación.

3 Aplicación del método de Bayes en la ciudad de Piura.

En el año 2.000 se elaboró el trabajo de tesis, donde se explicaban las diferentes técnicas utilizadas en el análisis de accidentes de tránsito, especialmente el método de Bayes. La tesis buscaba identificar las intersecciones más riesgosas o propensas a sufrir accidentes (APL) de Tránsito del distrito de Piura.

Los datos utilizados para el análisis correspondieron a 1,152 accidentes registrados en 279 intersecciones del distrito de Piura durante los años 1.998 y 1.999.

El análisis de accidentes encontró que en la ciudad de Piura se producen entre 2 y 3 accidentes por día de los cuales 1 produce daños personales. El 59% de los accidentes de tránsito registrados en intersecciones no produjeron ningún daño personal, el 40% produjeron al menos un herido y el 1% dejaron muertos. También se registró que 612 personas sufrieron lesiones, de las cuales 35% eran conductores, 31% pasajeros y 34%

peatones. Así mismo, de las 14 personas muertas, el 43% eran conductores, el 21% de pasajeros y el 36% eran peatones. El estudio permitió observar entre otras cosas que el control y registro de los accidentes de tránsito era deficiente ya que la policía enfoca el problema, únicamente desde el punto de vista policial y judicial, lo que genera que mucha información necesaria para un buen análisis de accidentes de tránsito no sea recopilada de la manera adecuada.

Aplicando el método del control de calidad, junto al criterio de la razón de accidentes y con una confiabilidad de 95% se identificaron con riesgosas o APL 25 intersecciones. Mientras que aplicando el método de Bayes se identificaron como riesgosas o APL 20 intersecciones.

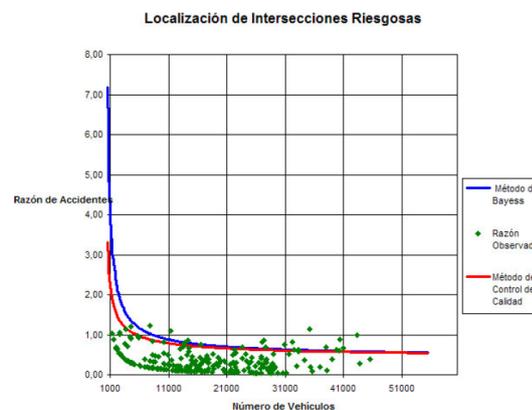


Figura N° 02: Ciudad de Piura, Unidad Metropolitana.

La figura N° 02 nos muestra la diferencia existente entre los métodos de control de calidad y método de Bayes. Si bien ambas curvas tienen una tendencia logarítmica, podemos observar que la curva del método de control de calidad permite que más valores de razón observada (25) la superen; si lo comparamos con la curva obtenida con el método de Bayes (20). La consideración antes mencionada tiene una relación directa con el método de regresión a la media, el cual contribuye para que la curva del método de Bayes sea más conservadora que el método del control de calidad.

La aplicación de los dos criterios para el ranqueo de intersecciones riesgosas definió a la intersección Av. Sánchez Cerro – Gullman, como la intersección más propensa a sufrir accidentes de tránsito en la ciudad de Piura.

Del diagnóstico de los resultados de la aplicación del Método de Bayes, considerado por algunos especialistas como el método más adecuado para

este tipo de análisis, se verificó que 13 de las 20 intersecciones semaforizadas, es decir el 65%, eran intersecciones de alto riesgo de accidentes de tránsito.

4 Conclusiones.

- 1.- Los métodos estadísticos tradicionales no toman en cuenta fenómenos estadísticos como la regresión a la media y los efectos no relacionados.
- 2.- El método de Bayes es el más adecuado para la identificación de localizaciones con alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. Es incluso mas conservador que el Método de Control de Calidad.
- 3.- A pesar que el método de Bayes no es muy utilizado por las agencias de análisis de accidentes debido a su complejidad, si es posible su aplicación con el adecuado soporte técnico, por lo tanto son las universidades y los profesionales especializados los llamados a difundir su uso y aplicación.
- 4.- La instalación de semáforo nos garantiza la reducción de accidentes.

4.4.5 Aplicación de medidas correctivas orientadas a la reducción de accidentes de tránsito en intersecciones de la ciudad de Piura.

Ing. Rafael F. Feria Torres, Ing. Jorge Timana Rojas¹³

RESUMEN.

Estudios especializados realizados recientemente, indicaban que la utilización de diseños inadecuados de fases de semáforos constituía una de las principales causas de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas de Piura. Atendiendo las recomendaciones de los mencionados estudios, la Municipalidad Provincial de Piura decidió invertir en un proyecto de modernización de la red semafórica local. El proyecto incluyó el re-diseño de las intersecciones semaforizadas del distrito de Piura buscando mejorar los niveles de servicio de las intersecciones y eliminar la “zona de dilema” generada por la inadecuada distribución de intervalos. Además, implementó un sistema de sincronización de semáforos o sistema “ola verde” en las dos principales avenidas de la ciudad de Piura, como son las Avenidas Grau y Sánchez Cerro, donde se encuentran la mayoría de las intersecciones semaforizadas y riesgosas. Con la aplicación de medidas correctivas se espera no sólo conseguir una reducción de la cantidad de accidentes en intersecciones semaforizadas, sino también lograr mejorar los niveles de servicio reduciendo significativamente los tiempos de viajes en las mencionadas avenidas. En este trabajo se detallan las medidas correctivas implementadas por la Municipalidad Provincial de Piura a partir del año 2003.

1.- Antecedentes.

Durante el año 2000 se elaboró un trabajo de tesis, el mismo que tenía como finalidad dar a conocer las diferentes técnicas utilizadas en el análisis de accidentes de tránsito.

Dentro del mencionado estudio se concluyó entre otras cosas que la utilización de diseños de fases de semáforos inadecuados, representaba una de las principales causas de accidentes de tránsito en las intersecciones

¹³ Ver página N.- 187 Bibliografía y Referencias

semaforizadas que fueron identificadas como riesgosas o más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Locations), mediante la aplicación de la metodología de Bayes.

Estudios complementarios encontraron que el 96% de los ciclos de los 20 semáforos existentes en la ciudad de Piura, tenían diseños no óptimos, implementados de forma empírica por los técnicos municipales. Además, se verificó que el 82% de los accidentes en intersecciones semaforizadas y riesgosas fueron colisiones laterales y frontales y que el 88% de diseños de ciclos de semáforos de las 13 intersecciones semaforizadas y riesgosas, tenían valores de Intervalo entre verdes inadecuados, por lo tanto el 72% de los accidentes de tránsito que ocurrieron en zonas semaforizadas y riesgosas tenían relación con la zona de dilema.

Sabiendo que una de las probables causas de los accidentes de tránsito con colisiones laterales y posteriores era el mal diseño de las fases del semáforo y que un buen diseño de fases podría reducir la ocurrencia de accidentes de este tipo. En el año 2.003, la Municipalidad Provincial de Piura decidió invertir en un proyecto de modernización de la red semafórica del distrito de Piura; orientado a reducir los niveles de congestión vehicular y principalmente la ocurrencia de accidentes en el distrito de Piura a través de la modernización de los equipos de semaforización y sobre todo mediante la optimización de los diseños de fases de semáforos.

Tomando en cuenta que el mal diseños de las fases de semáforo es una de las principales causas de accidentes en la ciudad de Piura, a continuación se realizará una breve explicación de los conceptos básicos, que deben ser tomados en cuenta para un óptimo diseño de la longitud de ciclo de un semáforo de tiempo fijo o predeterminado. Toda vez que el 100% de los controladores que conforman la red semafórica de la ciudad de Piura son semáforos de tiempo fijo.

2.- Conceptos para el cálculo de longitudes de ciclo óptimas de semáforos de tiempo fijo o predeterminado.

Para obtener el mínimo de demoras, cada fase debe incluir el mayor número de movimientos simultáneos. Así se logrará admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección. Este debe ser el objetivo a seguir.

Por lo general el número de fases diferentes debe reducirse al mínimo, considerando la seguridad y la eficiencia. La selección de los movimientos dentro de cada fase debe tender a reducir a un mínimo la frecuencia y la gravedad de los puntos de conflicto. Igualmente, la secuencia de fases debe tratar de reducir las demoras.

Para el diseño de semáforos se tienen que tener claro los siguientes conceptos.

2.1. Intervalo de cambio de fase.

El intervalo de cambio de fase está relacionado con lo que se denomina la zona de dilema o incertidumbre, fenómeno que está relacionado con la duración del tiempo entre verdes y sobre todo con el ámbar. Una selección adecuada del ámbar que incorpore el movimiento del vehículo durante el tiempo de percepción – reacción del conductor, puede eliminar el problema de las zonas de dilema.

La zona de dilema puede eliminarse de dos formas: cambiando la velocidad límite, lo que puede no ser apropiado en algunos lugares, o seleccionando un apropiado tiempo mínimo de duración para el ámbar, lo que significa calcular un tiempo mínimo entre verdes, para se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = t_r + \frac{V_0}{2f_x g} + \frac{(w + L)}{V_0} \quad (\text{ec. 1})$$

t_r = tiempo de acción–reacción = 1 segundo.

V_0 = velocidad de acceso a la intersección.= variable

f_x = factor estado de pavimento (más crítico) = 0,33.

w = ancho de la vía = variable

L = Longitud de vehículo = 4 metros

Así, seleccionando adecuadamente una longitud promedio del vehículo, parámetros del factor humano (desaceleración cómoda, tiempo percepción – reacción) y el límite de velocidad V_0 , se pueden especificar el ámbar mínimo (intervalo entre verdes) para el cual, salvo error del conductor, se asegura que si el vehículo no puede parar, pasará la intersección sin problemas.

2.2. Número de fases.

Uno de los elementos necesarios para el cálculo de la longitud del ciclo es el número de fases de movimiento que tendrá el semáforo. Todos los semáforos que tiene actualmente en la ciudad de Piura tienen dos fases de movimiento.

2.3. Longitud del ciclo.

F.V. Webster con base en observaciones de campo y simulación de un amplio rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforo, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\Phi} y_i} \quad (\text{ec. 02})$$

Donde:

C_o = Tiempo óptimo del ciclo (seg).

L = tiempo total perdido por ciclo (generalmente se considera un valor de 5 segundos por fase).

Y_i = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i .

Φ = número de fases.

El intervalo aceptable para la longitud de un ciclo determinado, está entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo, para lo cual las demoras nunca serán mayores en más de 10% al 20% de la demora mínima.

2.4. Vehículos equivalentes.

El concepto de los vehículos equivalentes define factores de equivalencia por tipo de vehículo respecto a un vehículo patrón. En el cuadro N° 01 se indican los factores de equivalencia utilizados para la ciudad de Piura.

Tabla N° 01 Factores equivalentes de vehículos.

Tipo de vehículo	VEq
Automóvil	1.00
Mototas y Moto	1.25
Ómnibus Pequeño (Combi)	1.25
Ómnibus Grande y Camión	2.00

Por otra parte, se requiere tener factores por movimiento de giro, puesto que e estas maniobras los vehículos generalmente consumen mayor tiempo que los vehículos que siguen de frente. Estos

Por otra parte, se requiere tener factores por movimiento de giro, puesto que e estas maniobras los vehículos generalmente consumen mayor tiempo que los vehículos que siguen de frente. Estos factores equivalentes de dirección (VEq.) DIR), que se utilizan para convertir automóviles que giran la automóviles equivalentes que no lo hacen, han sido fijados en 1.10 para giros a la derecha y 1.50 para giros a la izquierda, para el caso de la ciudad de Piura.

2.5. Flujo de saturación

R. Akcelik es el investigador que más ha estudiado la capacidad de intersecciones con semáforo, con base en los conceptos de flujo saturación, vehículos equivalentes, tiempo perdido y verde efectivo, entre otros.

Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de ALTO se incrementa rápidamente a una tasa llamada flujo de saturación, la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termine el verde. La tasa de vehículos que cruzan la línea al arrancar es menor durante los primeros segundos, mientras los vehículos aceleren hasta alcanzar una velocidad de marcha normal. Similarmente, durante el período posterior a la determinación del verde, las tasa de vehículos que cruzan la línea es menor debido a que algunos vehículos disminuyen su velocidad o se detienen.

El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea que puede ser obtenida, cuando existen filas y éstas aún persisten hasta el final del período verde. Considerando que en la ciudad de Piura no se cuenta con evaluaciones de flujo de saturación, para el análisis y calculo de los ciclos óptimos de las intersecciones semaforizadas comprendidas en el proyecto se considero un valor de flujo de saturación de 1,800 vehículos/hora. Por carril.

3 Medidas orientadas a reducir los accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas de Piura.

3.1. Introducción.

Los semáforos son dispositivos de control de tránsito orientados a reducir los puntos de conflicto de una intersección, al ordenar en el tiempo las líneas de flujo que conforman el tráfico vehicular y peatonal. Si la instalación y operación de un semáforo es correcta, este podrá aportar diversas ventajas. En cambio si su funcionamiento es deficiente, entorpecerá el tránsito. Por lo tanto es muy importante realizar un buen diseño de un semáforo, realizando para ello un estudio completo y detallado de las condiciones geométricas y del tránsito de la intersección.

En el año 2.003, la Municipalidad Provincial de Piura, tomando como base los resultados del estudio “Técnicas de análisis de accidentes de tránsito con aplicación en la ciudad de Piura”, donde se concluía que los diseños de fases de semáforos existentes eran inadecuados y por lo tanto una de las principales causas de accidentes de tránsito, decidió invertir en un proyecto de modernización de la red semaforica local.

El proyecto incluyó la compra de nuevos equipos de semaforización y el rediseño de las longitudes de los ciclos de las intersecciones semaforizadas del distrito de Piura, buscando definir ciclos óptimos de acuerdo a los requerimientos del tránsito para así mejorar los niveles de servicio de las intersecciones y sobre todo, optimizar el funcionamiento de las fases del semáforo. De esta manera, minimizar la “zona de dilema” generada por la inadecuada distribución de intervalos, situación directamente relacionada con la ocurrencia de accidentes producidos por impacto lateral y posterior

los mismos que representaban el 82% de todos los ocurridos en intersecciones semaforizadas consideradas como riesgosas.

El proyecto implementó también un sistema de sincronización de semáforos o sistema “ola verde” en las dos principales avenidas de la ciudad de Piura, como son las Avenidas Grau y Sánchez Cerro.

En estas dos avenidas, se encuentran el 55% (ver cuadro N° 02) de las intersecciones consideradas como riesgosas o más propensas a sufrir de accidentes de tránsito.

Cuadro N° 02: Distribución porcentual de intersecciones riesgosas por avenidas.

<i>ítem</i>	<i>Avenida</i>	<i>Cantidad de intersecciones Riesgosas</i>	<i>Porcentaje de intersecciones Riesgosas</i>
1	Av. Sánchez Cerro	7	35%
2	Av. Grau	4	20%
3	Av. Circunvalación	2	10%
4	Av. Cáceres	3	15%
5	Otros	4	20%
	Total	20	100%

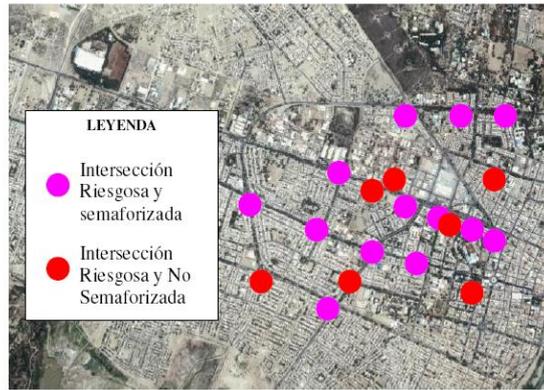
3.2. Objetivo.

Dar a conocer las medidas correctivas aplicadas por la Municipalidad Provincial de Piura, las mismas que buscaban la reducción de accidentes de tránsito en intersecciones riesgosas de la ciudad de Piura.

3.3. Intersecciones semaforizadas y riesgosas.

El diagnóstico de los resultados de la aplicación del Método de Bayes, considerado por algunos especialistas como el método más adecuado para este tipo de análisis, se verificó que 13 de las 20 intersecciones semaforizadas, es decir el 65%, eran intersecciones riesgosas o más propensas a sufrir accidentes de tránsito (APL; Accident Prone Location). Ver Figura N° 01.

Figura N°01. Intersecciones Riesgosas y Semaforizadas.



LEYENDA

3.4. Aplicación de medidas correctivas

3.4.1. Renovación de controladores de semáforos.

Sabiendo que una de las principales causas de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas es el deficiente diseño de los ciclos del semáforo, es importante conocer el estado y la capacidad operativa de los controladores de semáforo. Antes de la implementación del proyecto de modernización.

EL Plan Regulador de Rutas del año 2.000 encontró que 5 de los 20 semáforos, es decir el 25% de las intersecciones semaforizadas existentes utilizan controladores de semáforo obsoletos con una antigüedad mayor a los 12 años. Equipos con sólo 02 fases de movimiento, que no permiten la programación de todo rojo y solo utilizan una única programación para todo el día, situación que limita tremendamente la capacidad de estas intersecciones.

Los 15 controladores restantes (75%) eran controladores electrónicos, con capacidad de hasta 8 programas, y 03 fases de movimiento, con una antigüedad promedio de 5 años, que si permitían utilizar una fase de todo rojo y variar el valor del ámbar.

El diagnóstico obligaba a modernizar los equipos de control de tránsito, es decir, comprar en forma urgente al menos 05 nuevos controles que permitan mejorar el funcionamiento de las intersecciones semaforizadas que funcionaban con equipos con más de 12 años de uso.

Tomando en cuenta lo antes mencionado la Municipalidad Provincial de Piura, inicio en el año 2003 la ejecución del Proyecto de semaforización denominando “Ampliación de la red semafórica, con adaptación a la Ola verde en la ciudad de Piura”, el mismo que considero la compra de 14 controladores de ultima generación: 09 controladores de 05

grupos, con tarjeta electrónica para comunicación mediante par telefónico y 05 controladores con GPS (sistema de Posicionamiento Global), para la adaptación de 14 intersecciones a un sistema de sincronización de semáforos: 06 en la avenida Sánchez Cerro y 08 en la avenida Grau, de las cuales 12 eran intersecciones existentes y 02 nuevas. El proyecto también incluyó la instalación de 07 nuevos semáforos en intersecciones aisladas.

Estos 14 nuevos controladores permitieron el reemplazo de los 05 controladores de 02 fases existentes, la instalación de las 07 nuevas intersecciones y el reemplazo de 02 controladores de 03 fases, los mismos que actualmente son utilizados como controladores de repuesto o “stand by”.

El proyecto de ampliación de la red semaforizada también comprendió la semaforización de 03 intersecciones riesgosas que anteriormente no tenían semáforo como son: Av. Sánchez Cerro- Av. Los Naranjos, Av. Circunvalación – Av. César Vallejo y Av. Gullman – Calle 05 y consiguió incrementar el número de intersecciones semaforizadas de 20 a 29, aumentándola en un 45%. Donde 14 de las 29 intersecciones, es decir el 48% pertenecen a un sistema de sincronización de semáforos, quizás el primero implementado en el Perú, distribuido a lo largo de las dos principales avenidas de la ciudad de Piura. Ver Cuadro N° 02.

Cuadro N° 02 Red semaforizada Actual.

Nº	Av. Principal	Av. Secundaria	Característica
1	Av. S. Cerro	Av. Vice	Sincronizado
2	Av. S. Cerro	Av. Gullman	Sincronizado
3	Av. S. Cerro	Av. M. Uchuracay	Sincronizado
4	Av. S. Cerro	Av. Los Naranjos	Sincronizado
5	Av. S. Cerro	Av. Sullana	Sincronizado
6	Av. S. Cerro	Av. Loreto	Sincronizado
7	Av. S. Cerro	Calle Arequipa	Sincronizado
8	Av. S. Cerro	Calle Libertad	Sincronizado
9	Av. Grau	Av. Chulucanas	Aislado
10	Av. Grau	Av. Marcavelica	Aislado
11	Av. Grau	Av. C. Vallejo	Aislado
12	Av. Grau	Av. Vice	Sincronizado
13	Av. Grau	Av. Gullman	Sincronizado
14	Av. Grau	Av. O. Tosman	Sincronizado
15	Av. Grau	Av. San Martín	Sincronizado
16	Av. Grau	Av. R. Cushing	Sincronizado
17	Av. Grau	Av. Sullana	Sincronizado
18	Av. Grau	Calle Arequipa	Aislado
19	Av. Circunvalación	Av. C. Vallejo	Aislado
20	Av. Circunvalación	Av. Gullman	Aislado
21	Av. Circunvalación	Av. Loreto	Aislado
22	Av. Cáceres	Av. Sullana	Aislado
23	Av. Cáceres	Av. M. Uchuracay	Aislado
24	Av. Cáceres	Av. San Ramón	Aislado
25	Av. Eguiguren	Av. M. Uchuracay	Aislado
26	Av. Eguiguren	Av. Loreto	Aislado
27	Av. César Vallejo	Calle 05	Aislado
28	Av. Gullman	Calle 05	Aislado
29	Av. Sullana	Av. R. Cushing	Aislado

Para solucionar parte de las causas de accidentes de tránsito en intersecciones riesgosas, no es suficiente instalar semáforos y comprar la mejor tecnología en equipos de semaforización; también, es imprescindible realizar un buen diseño del semáforo, realizando para ello un estudio completo y detallado de las condiciones geométricas y de tránsito de la intersección.

En el año 2.004, la Municipalidad Provincial de Piura realizó un análisis de los aspectos antes detallados, desarrollando un Estudio Técnico que plantea la instalación de nuevos soportes así como la reubicación de estructuras o soportes de semáforo en algunas de las intersecciones semaforizadas consideradas como riesgosas, así como un análisis detallado de sus ciclos de semáforo, dado que gran parte de los accidentes de tránsito tiene como probable causa, el deficiente diseño de los ciclos de semáforo y principalmente los inadecuados valores de intervalos entre verdes.

A continuación se hará una breve descripción de los aspectos antes mencionados.

3.4.2. Análisis de las condiciones geométricas.

En el año 2004 se realizó un inventario de la geometría existente en las 20 intersecciones semaforizadas que conforman la red semafórica de la ciudad de Piura. Este inventario forma parte de un proyecto de inversión que buscaba mejorar la infraestructura de la red semafórica y se concentró principalmente en definir si la cantidad y la ubicación de los soportes de semáforos existentes era la adecuada, sin realizar un análisis profundo de las características geométricas de la intersección: como son los radios de giro, la visibilidad etc.

Luego de verificar la infraestructura existente, inventariando la cantidad de soportes de semáforo y comparándola con la cantidad mínima requerida por Legislación Nacional vigente se pudo verificar que la ciudad de Piura presenta una preocupante deficiencia en la cantidad y ubicación de los soportes de semáforo. Toda vez que todas las intersecciones sólo tienen una cara o repetidora de semáforo por acceso, sin cumplir con las dos caras que se requieren como mínimo.

Se estima que el costo necesario para corregir esta deficiencia es de aproximadamente 750,000 Nuevos Soles. Este costo incluye también la compra de cable vulcanizado y caras adicionales necesarias para completar la cantidad mínima de 02 caras por acceso, tal como lo exige la normatividad actual, así como la reubicación de algunos soportes existentes.

3.4.3. Condiciones de tránsito: Optimización de ciclos de semáforo existentes.

La falta de equipos automáticos especializados, como son los contadores de tránsito, para la ejecución de conteos vehiculares, obliga a la utilización de personal, el cual tiene que ser capacitado para la ejecución de esta delicada tarea, la misma que es fundamental para conocer de manera precisa las características del tránsito vehicular en una intersección.

Sabiendo que los ciclos de semáforos existentes son inadecuados y por lo tanto forman parte de las probables causas de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas con impactos laterales y posteriores. Se procedió a realizar un rediseño de todos los ciclos de semáforos, buscando encontrar valores adecuados para el funcionamiento de las intersecciones que forman el sistema de sincronización de semáforos, así como las intersecciones aisladas. Con ellos se obtendrá una reducción de la cantidad de accidentes de tránsito, además de mejorar los niveles de servicios y reducir significativamente los tiempos de viajes en las principales avenidas de la ciudad como son las avenidas Grau y Sánchez Cerro. Para calcular los ciclos óptimos en las diferentes intersecciones comprendidas dentro del Proyecto se aplicaron las teorías de diseño de semáforos, luego de realizar un estudio de tránsito que comprende la recopilación de los datos de conteo vehicular, mediante la utilización del método del observador estático en cada una de las intersecciones a analizar y durante diferentes horas del día.

Conociendo la metodología para el cálculo de los ciclos óptimos, descrita en el ítem 2 y basándonos en los datos de flujo vehicular obtenidos con el método del observador estático se procedió a calcular los valores de ciclo óptimo para cada intersección semaforizada.

3.5. Situación actual de la red semafórica.

Definidos los valores de ciclo óptimos a fines del año 2.005, se procedió a realizar su aplicación e implementación en los 29 semáforos de la ciudad de Piura.

Actualmente la red semafórica, compuesta por 29 intersecciones semaforizadas, funciona utilizando los ciclos óptimos calculados con la aplicación de los conceptos y criterios mostrados en este estudio.

Información preliminar recopilada durante el presente año, necesaria para la elaboración de un estudio “antes y después”, indica que las medidas adoptadas por la Municipalidad Provincial de Piura entre los años 2.003 y 2.005, han producido una reducción de diez

por ciento considerando sólo la frecuencia total de accidentes registrados en el distrito de Piura durante el año 2.006, respecto de la cantidad total de accidentes registrados en el 2.002. Esta evaluación de la eficiencia de las medidas adoptadas, debería arrojar resultados más confiables cuando los estudios antes y después analicen la razón de accidentes observada, donde, como se ha explicado en trabajos anteriores, se toma en cuenta factores importantes en el análisis de accidentes, como el incremento del volumen promedio de tráfico vehicular. En el caso del ámbito urbano de Piura, el tránsito prácticamente se ha triplicado entre los años 2.000 y 2.005. Además, se tendrían que considerar otros fenómenos estadísticos como la regresión a la media y la eliminación de los efectos no relacionados.

Un estudio antes y después para los últimos 3 años está siendo elaborado como parte de este proyecto. Los resultados se darán a conocer en posteriores trabajos de investigación.

4 Conclusiones y recomendaciones.

- 1.- Las avenidas Sánchez Cerro y Grau concentraban el 55% de intersecciones con mayor ocurrencia de accidentes de tránsito, por lo tanto la implementación de un sistema de sincronización de semáforos en algunas de las intersecciones que conforman estas avenidas, buscó no solo atenuar la ocurrencia de accidentes de tránsito sino también, reducir la congestión y los tiempos de viajes en estas importantes vías.
- 2.- La compra de controladores de última generación facilita la implementación de diseños de ciclos de semáforo con las longitudes de intervalo entre verdes adecuadas. Además permitirá el diseño de semáforos de 3 o 4 fases para intersecciones con importantes valores de giros a la izquierda.
- 3.- El proyecto de complementación de la infraestructura de la red Semafórica buscará adecuar la infraestructura existen a los parámetros y condiciones mínimas establecidas por el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en calles y Carreteras.
- 4.- Estudios de tránsito bien elaborados permiten diseñar adecuadamente las longitudes de ciclo de semáforo de una intersección.

- 5.- Se recomienda capacitar a los técnicos municipales de la Municipalidad Provincial de Piura y otros consejos provinciales con similares características, en el conocimiento y aplicación de las teorías de diseño de semáforos
- 6.- Se recomienda monitorear el funcionamiento de los diseños de ciclos de semáforo de todas las intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura con el fin de verificar la eficiencia de las medidas correctivas aplicadas.

4.4.6" Seguridad vial: una aproximación a las causas técnicas y humanas de los accidentes de tránsito, en los países andinos"

Jorge Luís Donayre Ordinola¹⁴

RESUMEN

Según el Ing. Jorge Luís Donayre Ordinola, los países andinos por su propia situación geográfica (son lugares que llegan hasta los 4,800m. sobre el nivel del mar), las condiciones de trazo de las carreteras obligatoriamente en curvas sinuosas, los radios de giro para los automóviles, los cambios climáticos drásticos que pueden hacer que en mismo viaje de pocas horas haya sol, lluvia, granizo, nieve, temperaturas extremas y nuevamente sol radiante; lo cual a su vez influye en las condiciones del pavimento asfáltico, que de no ser construido (y además tener un mantenimiento adecuado) ocasiona riesgos importantes en los usuarios de la vía, que puede terminar con la vida los mismos en el caso de un accidente de tránsito.



Carretera en los Andes de Perú

1.- Introducción:

1.1.- Está por descontado el indicar lo fundamental que resulta para el bienestar de nuestros pueblos una adecuada gestión y administración de los proyectos viales ya que “... *el desarrollo económico y social de las comunidades ha estado estrechamente ligado al mejoramiento de los sistemas de transporte. Las comunidades crecen en lo cultural, en lo social*

¹⁴ Ver página N.- 182 Bibliografía y Referencias

y en lo económico en la medida de que existe posibilidad de comunicarse y trasladarse. Dicho en el sentido inverso, el crecimiento de una región o país puede verse limitado por insuficiencia de conectividad, ya sea al interior de la comunidad misma, como hacia otras comunidades vecinas”.

1.2.- Luego, entre los beneficios exógenos de la construcción de vías está el *Turismo ecológico* y cultural que es el que está creciendo más en el mundo y en especial en nuestros países andinos. No obstante, y aunque de acuerdo a lo visto anteriormente la infraestructura vial genera bienestar y mejora en el nivel de vida de nuestras sociedades, en lo que respecta al desarrollo económico, social, cultural y de integración en nuestros pueblos.

No podemos soslayar que la gestión y administración de la seguridad de los ciudadanos en el uso de la infraestructura vial, no es un evento aislado de la realidad de un país de tan marcadas diferencias, como lo son los nuestros. Este trabajo intenta poner en discusión algunos aspectos tomados de una bibliografía cuidadosamente revisada y se basa además en una atenta observación de la realidad de nuestros países. Qué necesario resulta confrontar la opinión de otros profesionales, sobretodo de ingenieros (pero también de otros profesionales) en estos temas y con la presente ponencia, se intenta crear una discusión de altura al respecto.

1.3.- No podemos dejar de mencionar que el crecimiento de un país tiene uno de sus componentes principales en la integración de los pueblos a través de las obras viales. Cuánto más crezca este sector integrador, mayor será el crecimiento económico, cultural y social, por su efecto multiplicador ya por todos conocido. Pero también es verdad que debe garantizarse *la seguridad del ciudadano* en el uso de esa infraestructura que además es suya, al ser un patrimonio de cada nación.

Si lográramos encontrar un equilibrio entre la seguridad y el uso de nuestras carreteras estaremos realmente por la senda del desarrollo, tal cual son sus objetivos, incluso desde el punto de vista moral y ético. En esa línea de la búsqueda de ese equilibrio, apunta esta ponencia.

II.- Condiciones geológicas, geográficas y atmosféricas de nuestros países

2.1.- No podemos olvidar la realidad de nuestras condiciones geológicas, geográficas y atmosféricas de nuestros países, en donde en un mismo recorrido, uno se encuentra con los más diversos climas, regiones, topografía, temperaturas, etc. Pero nuestros países son tan diversos en cuanto a sus regiones (y en esto el Perú es el país emblema), donde podemos ver todas las regiones naturales posibles

2.2.- ¿Por qué importa esto?: Simplemente porque es necesario comprender que nuestras ciudades y pueblos se han ido desarrollando y modernizando en el tiempo. El proceso de urbanización de las grandes ciudades de nuestros países, el abandono del campo a la ciudad, la construcción de vías, el cambio de costumbres y hábitos, la influencia de otras sociedades con sus valores y ritmos de vida, afectan directamente a nuestros países; y por tanto, influye en nuestros pueblos. Todo ello, a su vez tiene una influencia en el uso de la infraestructura vial, en la forma de conducir o de transitar como peatón, entre otros temas.

Esto aunado a que en algunos de nuestros países se encuentra gente de todas las razas, venidas de tantas partes del mundo, con sus propias costumbres. Esta pluralidad de regiones, razas, de gentes, que en sí mismo es buena (el “*mestizaje integrador*” lo llamaba el Papa *Juan Pablo II*), del tipo de comida, de creencias religiosas y de idiosincrasia a la que el famoso Ensayista José María Arguedas denominó “*todas las sangres*”. Y es que realmente están todas las sangres. Todo esto – a su vez – tiene una influencia muy importante en el comportamiento social y finalmente (para el caso que nos ocupa) en la forma de conducir un vehículo.

2.3.- Pero por otro lado, la diversidad de regiones es un aspecto importante a considerar: No es lo mismo conducir un coche a nivel del mar, donde no llueve (como es el caso de la carretera Panamericana de Perú o Chile, por ejemplo), que conducir a 4,500 m.s.n.m. en la zona alta de la Cordillera de los Andes, o en una lluvia torrencial en la selva. Comprender nuestra topografía, aceptar nuestra realidad en cuanto a la ubicación de nuestras carreteras, es importante. Esto desde el punto de vista físico. Sin embargo, pero también el efecto es fisiológico: ***No es verdad que no exista ninguna influencia por efecto de la altura en el organismo de las personas***, sobre todo cuando la subida es intempestiva como lo es en el caso de la carretera

Lima - La Oroya, Pisco – Ayacucho o Ilo – Desaguadero en Perú, o La Paz - Oruro o “*El Alto*” en Bolivia, Quito en Ecuador o Bogotá en Colombia.

Carretera *Las Yungas* en Bolivia



2.4.- ¿El paso por las alturas de nuestros andes debe ser parte del análisis de la seguridad vial?

En mi modesta opinión *sí*. Hace un par de años fue publicado un excelente Estudio sobre los accidentes de tránsito, por la Organización Mundial de la Salud OMS, denominado “***Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito***” (cuya lectura se recomienda ya que es el más completo que haya publicado la OMS al respecto).

En él – entre otros temas muy importantes - se cuestionaba el uso de determinados medicamentos en general, los cuales tendrían una influencia importante en el organismo de los conductores. En el caso de nuestros países andinos, por ejemplo, este no es un tema estudiado adecuadamente: ***Sí***, la altura ejerce un efecto en las personas. ***Esto es un hecho real y verdadero***: en unas personas más, en otros menos, produciendo en mayor o menor grado ese malestar del cuerpo denominado “*soroche*”.

2.5.- Esto que podría parecer una cosa sin importancia, es algo necesario de estudiar, puesto que este efecto puede variar desde “*enfermar*” una persona durante algunos días (hasta que se produzca *la aclimatación*) pasando por otros síntomas menores, como náuseas, mareos, dolor de cabeza y el mínimo de ello es el sueño o apnea, puesto que no se duerme bien de noche.

Qué necesario es que los profesionales médicos intervengan en el estudio de este aspecto. En no pocas oportunidades al revisar las noticias sobre accidentes de tránsito, se ha podido escuchar de los sobrevivientes del vehículo siniestrado que el conductor, simplemente *se quedó dormido*, y originó la tragedia. Los efectos del sueño, así como la automedicación que se usa para contrarrestarlo, es algo necesario de estudiar y analizar, por los profesionales de la ciencia y la medicina. Aquí hay todo un campo por trabajar.

III.- Respetto de la infraestructura vial

3.1.- Hace poco, fue emitido un especial denominado “*Most Dangerous Roads*” por *The Nacional Geographic Channel*. En él se podía apreciar con claridad este autodenominado reportaje de las *Carreteras de la Muerte*: una ruta de los Andes Bolivianos, con taludes prácticamente verticales y alturas abismales. Ver video en¹⁵

Esto que para el editor de dicho canal de televisión de señal cerrada, era una “*carretera de la muerte*”; es algo que no resulta siendo extraordinario en nuestros andes. En realidad yo personalmente *he transitado por carreteras y trochas mucho más peligrosas* que las que se muestran en el presente documento en los distritos alejados de Tarma en la sierra de Junín - Perú, para llegar a lugares como Tapo o Yanamayo, por ejemplo. Y así, cada uno de nuestros países podría mostrar una carretera o trocha más peligrosa que otra.

En los viajes que he realizado a Bolivia, Argentina, Ecuador y Chile, en estos dos últimos propiamente no se cruza normalmente la cordillera de los Andes, por lo que normalmente la circulación es prácticamente sobre un

¹⁵ <http://video.google.com/videoplay?docid=1940222651542650348&q=dangerous+roads+nacional&pr=goog-sl>

terreno poco accidentado, que permite el desarrollo de curvas de volteo con un radio apropiado para las velocidades que se desarrollan y porque el paso en los Andes es más bajo, que por ejemplo en Bolivia y Perú.

3.2.- En este orden de ideas, el concepto de desarrollo de la geometría de un proyecto vial es de mucha importancia en la seguridad del ciudadano, puesto que una vía estrecha con un abismo (o precipicio) al costado es evidente que resulta siendo más peligrosa que otra en línea recta (como la Panamericana u otra que corre a lo largo de la costa), puesto que se tiene menor visibilidad y una mayor posibilidad de inestabilidad de taludes – entre otros problemas – además de un radio de curva reducido, que no siempre y en todas las circunstancias puede ser cumplido de acuerdo a las Normas DG-2001 de Perú. *Las probabilidades de accidentes en los andes* es mucho mayor y si en número son menor al resto de zonas, es porque simplemente transitan menos unidades.

3.3.- Cuando ello ocurre producto de la propia geografía, se presentan una serie de problemas que trataremos de describir brevemente: En un radio de giro reducido y de poca visibilidad, en zona lluviosa, mientras no circule una unidad de transporte en sentido contrario, no hay mayores problemas, puesto que normalmente un ómnibus por ejemplo, ocupa el carril contrario en el paso de una curva horizontal. Sin embargo, si en ese instante llega otro ómnibus en sentido contrario, entonces las probabilidades de un accidente se incrementan considerablemente. Muchos accidentes, según he podido revisar en las noticias y en la realidad luego de ocurridas, se han producido por estos hechos.

Así mismo en este tipo de accidentes, el número de muertos es dramático. Prácticamente, mueren la totalidad de los pasajeros, puesto que es muy difícil sobrevivir a la caída de un abismo de 500 m. o más de profundidad. En este como en otros siniestros parecidos hemos podido apreciar – con frecuencia – que sólo se salvan unos pocos (*los que logran saltar del bus* antes de rodar aparatosamente por el abismo). Por ejemplo, en el caso del accidente en Mazuco a 20 Km. de Carabaya en Puno, hace unos meses, donde sólo salvó el conductor y su hijo de 06 años.

3.4.- ¿Cómo resolver estos problemas que afligen a nuestros usuarios de la zona andina?

Nuestra propuesta primera es, tomar conciencia del problema como Estado y como sociedad. Luego de ello, intentar dar una solución empezando por los puntos críticos (en Seguridad Vial se denomina: “*puntos negros*”). Aunque parezca redundante, realmente la seguridad vial es una tarea que debe comprometer a todos los sectores de la sociedad, entre ellos la prensa escrita y en especial a los medios de comunicación masiva como el Cine, la Radio y la Televisión.

Una de las recomendaciones más importantes de la Organización Mundial de la Salud es el formar adecuadamente a los que brindan la información (es decir a los periodistas), pero especialmente hay que trabajar el tema de que los medios de comunicación generen ***una cultura del buen conductor***, del manejo a la defensiva, de cómo reaccionar frente a determinadas circunstancias críticas, tan sencillas como el qué hacer cuando uno va a una velocidad de 90 Km./hora (donde sea permitido) se cruza de improviso una oveja u otro animal, por ejemplo.

He podido revisar en muchas noticias que por este motivo (de no atropellar a uno de estos indefensos animales) han muerto familias enteras al volcar el automóvil en que viajaban. ¿Cómo actuar en este caso?, qué hacer si se cruza un transeunte en una zona no urbana, esta y mil situaciones pueden ocurrir en décimas de segundos, ***¿cuál debe ser la primera reacción del conductor?***, esto es algo que debemos saber para poder actuar adecuadamente. ***Identificar estos puntos negros*** antes mencionados es la parte más complicada del asunto, para todos nuestros países y es por ello que se requiere acudir en mi opinión a Universidades en los programas de Post Grado que en este y otros aspectos relacionados con el estudio de los accidentes de tránsito han avanzado mucho en ellos.

3.5.- Para colocar un ejemplo de actuación frente a los puntos negros, podemos decir que en el Perú existían dos lugares muy famosos de ocurrencia de accidentes que han sido prácticamente controlados: Uno de ellos es *el Pasamayo* en la Panamericana Norte y la *Variante Palpa* en la Panamericana Sur. Estos eran los dos puntos clave de resolver ya que aquí

los accidentes eran persistentes y frecuentes con numerosos muertos, al perderse el control del vehículo y rodar los buses al abismo.

Pues bien, con variantes y una excelente administración de la concesión del norte y una buena variante en el Sur, el problema quedó prácticamente resuelto. Es absolutamente raro escuchar ahora que existan accidentes en estos sectores, con lo cual se demuestra que una adecuada intervención en un punto negro, disminuye o anula la posibilidad de accidentes en ese lugar.

3.6.- No obstante, lamentablemente existen *innumerables Palpas y otros tantos Pasamayos*, que requieren ser reconocidos y tratados en nuestros países, sobre todo en las rutas andinas. Es evidente que para los lugares alejados y muy distantes, esto no es posible a través de una concesión, si no más bien de una intervención directa del Estado, en el que debe salir a flote el carácter solidario y de no exclusión del mismo. Es evidente que en estos sectores alejados de nuestros países, no existe ni la capacidad técnica ni económica para resolver una situación como la descrita.

Por ello, es conveniente entender esta problemática, *identificar los puntos negros en especial en las zonas alto andinas* y luego, proceder a actuar sobre ellos, primero con un buen expediente técnico que resuelva el problema y luego, la ejecución de dicha solución técnica, sea a través de un Concurso o Licitación o al través de la Ejecución por Administración Directa de la Entidad, porque la obra podría resultar *no atractiva* para un Contratista. Es urgente actuar sobre ello. No pocos accidentes ocurren por las causas antes indicadas. En otros países como en España, se hace una Licitación General. Una especie de *Concurso Oferta*, en donde se oferta proyecto y obra, como sería lo lógico.

3.7.- Así mismo, existe un problema parecido, ya no tanto en zonas de curvas de volteo o de acceder a pendientes considerables. Este es un problema que ocurre desde hace muchos años en las carreteras lineales y de grandes tangentes, me refiero a los accidentes que acontecen por un *ancho de vía muy reducido*. En estos casos, pasa más o menos lo siguiente: El uso de la bicicleta es muy común en determinadas poblaciones andinas, debido al costo del transporte interurbano, como es por ejemplo en la ruta Desaguadero – Puno, o los pueblos aledaños a Motupe, o en determinados

sectores del Cusco, como Santa Teresa en Perú. Pues bien el ancho de vía es aproximadamente de 3.30 m. por carril + 0.90 m. de bermas.

Sin embargo, estas vías son muy usadas por los pobladores a través de bicicletas, circulando por ellas en grupos de dos y hasta tres personas. El problema se agrava cuando coinciden estos pequeños grupos de ciclistas con vehículos (omnibuses, camiones o trailer articulados, peor aún si es de noche) que se encuentran en sentido contrario. Es verdad que la señalización indica una velocidad máxima de 45 o 50 Km. por hora en la zona no urbana, pero allí se corre a 120 Km. Por hora de *manera natural* porque es una vía lineal “en *tangente*”. Reiteramos, si esto coincide con los ciclistas, con un ómnibus en sentido contrario, o si llueve o graniza - lo cual es perfectamente normal en estos lugares - se juntan todas las variables posibles (*¿Ley de Murphy?*) y ocurren accidentes como el recientemente acaecido el 27.08.07 el cual es posible que haya sucedido por esta causa.

Considero que nuestros países (unos más otros menos) han pasado ya por esa etapa inicial y urgente de la integración de los pueblos y lugares alejados, para lo cual se ha construido una infraestructura vial importante en los últimos 15 años, financiada por el Tesoro público o los préstamos internacionales del Japan Bank for International Cooperation - JBIC japonés, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial, la Corporación Andina de Fomento, entre otros.

En este sentido, ha llegado el momento de revisar más que *la normativa del diseño vial (DG 2001* en el caso de Perú como vimos antes) *que en términos generales está muy bien*, la forma de mejorar la seguridad de las vías y al mismo tiempo que se siguen construyendo otros caminos, *pensar en ensanchar algunas carreteras*; por lo menos en lo que corresponde a algunos sectores críticos más o menos largas y construir ciclo vías paralelas en aquellos lugares donde el uso de la bicicleta es intensivo.

3.8.- ¿Cómo resolver esta situación? reiteramos: nos parece que dado que este tipo de accidentes es cada vez más frecuente, debemos optar por la posibilidad de repensar nuestros anchos de vías, construir ciclo vías en estos lugares y dar un mayor ancho a la carretera, lo cual implica ampliar terraplenes, reubicar cunetas, muros y otras obras de arte y una serie de actividades de diseño y construcción, lo cual también requiere repensar lo

que significa rentabilidad de un proyecto (SNIP) y los temas de *tasa interna de retorno* de una vía, considerando además que el planteamiento que se propone está relacionado con sectores donde la población – como hemos visto anteriormente – normalmente es pobre. Ser drásticos con el control de velocidad es algo en lo que también hay que actuar; sin embargo, no es esa la solución principal.

Urge repensar el ancho de vía de nuestros países, sobre todo en los *puntos negros* de accidentes que tengan las características antes mencionadas.

IV.- Respecto de la situación de la accidentabilidad en el resto de países andinos

4.1.- Para comprender mejor esto considero conveniente recurrir a información de buena calidad al respecto: Según Jacobs¹⁰, estudio técnico que se usa en muchos lugares de América Latina y del mundo, se puede apreciar claramente una tendencia: mientras Europa tiende a una disminución de la tasa de accidentabilidad en el tiempo, el Medio Oriente y América latina, tienen una tendencia al incremento de la misma. Ahora bien, veamos algunas estadísticas de nuestros países en cuanto a la accidentabilidad y el número de muertos con motivo de los accidentes de tránsito:

4.2.- Veamos ahora el Perú y una estadística que puede ser ilustrativa, para efectos de intentar acercarnos a comprender el fenómeno en nuestro país: Fuente PNP. Recapitulemos hasta el momento, esta dramática estadística, del número de muertos de nuestros países (**AÑO 2003**):

Colombia 5,632 muertos, Chile 1,703 muertos, Bolivia 613 muertos, Ecuador 1,139 muertos, Argentina 10,351 muertos, España 5,399 muertos, Perú 2,868 muertos.

Me he atrevido a intentar una correlación poco agradable entre el número de muertos de accidentes y la población de cada país, con lo que tenemos: Colombia 42'888,592 habitantes, Chile 16'598,074 habitantes, Bolivia 9'627,269 habitantes, Ecuador 13'755,680 habitantes, Argentina 38'970,611 habitantes, España 45'116,999 habitantes, Perú 27'219,264 habitantes.

4.3.- De primera impresión existe una correlación más o menos aproximada entre el número de muertos y la población de cada país. Sin embargo, **no**

deja de ser preocupante la tasa de mortalidad en Argentina 10.351 muertos); la más alta de la presente comparación. En el caso de Perú, no podemos dejar de mencionar la tendencia de los últimos 04 años, en la que se está regresando a los niveles de 1,998, a pesar de muchas medidas correctivas a nivel de gobierno que se han llevado a cabo, las mismas que sólo podrán conocerse para efectos comparativos al final del presente año 2007: Por ello, se requiere de un mayor compromiso de la sociedad en su conjunto.

Ver mayores detalles de estos datos en¹⁶

4.4.- Para terminar, veamos ahora el Perú y una curva que puede ser ilustrativa, para efectos de intentar acercarnos a comprender el fenómeno en nuestro país. Existe un salto cuantitativo en el año 1996, en relación al número de accidentes, según la estadística que maneja la Policía Nacional. Antes ya habíamos podido apreciar la tendencia mundial, ya que según el diagrama realizado por Jacobs¹¹ y que se usa en muchos lugares de América Latina y del mundo, se puede apreciar claramente una tendencia: Mientras Europa tiende a una disminución de la tasa de accidentabilidad en el tiempo, el Medio Oriente y América latina, tienen una tendencia al incremento de la misma.

4.5.- *¿Por qué América Latina y el Perú, han tenido una marcada tendencia a partir del año 1.996 y 1.997 en cuanto a los accidentes de tránsito?* Ensayemos una respuesta: En nuestra opinión creemos que ello tiene una relación directa con ese incremento importante de infraestructura vial, sea a través de la inversión del Estado o la concesión de grandes longitudes de ejes viales. Con una mayor infraestructura vial es evidente que hay una mayor movilización de los flujos de transporte de una sociedad y – por tanto – una mayor probabilidad de accidentes. *En cierto sentido*, la tendencia de incremento de accidentes es algo que lamentablemente *debe esperarse*, aunque evidentemente hay que actuar, para amenguar y disminuir estas cifras.

4.6.- Y en este actuar es necesario fijarse metas posibles. Cuánto quisiéramos que a partir de mañana se diera una Ley o *alguna otra forma de*

¹⁶ <http://www.minsa.gob.pe>

control *o algo* que pudiera evitar y colocar en cero la tasa de accidentes de tránsito en nuestros países. Esto que quisiéramos, lamentablemente no es posible. Ni siquiera Europa se ha planteado el poner en cero el número de accidentes¹². Lo que sí es posible es ponerse una meta alcanzable al 2015, por ejemplo.

4.7.- En Europa, se ha promulgado la Carta Europea de la Seguridad Vial que es un llamamiento y una iniciativa dirigida a todos los grupos sociales, cuyo propósito es que cada uno pueda contribuir a nivel particular al aumento de la seguridad vial. En Europa se ha formado un foro y una plataforma en la que los signatarios pueden intercambiar sus experiencias y nuevas ideas en su empeño por conseguir una mayor seguridad en las carreteras europeas, más allá de las fronteras de los propios estados. Es la expresión de la responsabilidad que recae sobre todos los participantes en la consecución del objetivo común: *reducir el número de muertes por accidente a la mitad hasta el año 2.010* Ver al respecto¹⁷:

4.8.- Es evidente, que para nuestros países esta meta podría ser alcanzable para el 2015. De nada vale ponernos objetivos imposibles, pero sí una meta alcanzable, medible año a año para ver la tendencia. Esta es la propuesta que planteamos para ser concertada por todos los actores sociales: *reducir el número de muertes por accidente a la mitad hasta el año 2.015* Para ello, una cosa importante es educar a nuestros pueblos. En nuestra opinión consideramos que si bien el mejor ejemplo a seguir es el de Chile¹³ en cuanto a educación vial. Ello no es algo casual: *la educación vial* en este vecino país fue trabajada arduamente desde el gobierno del General *Augusto Pinochet*. Hoy se ven los resultados: una tasa de accidentabilidad y mortalidad bastante baja, parecida a la del Uruguay, en esta parte Sur del Continente Latinoamericano.

5.- Necesidad de cuidar tres factores fundamentales en la construcción de carreteras:

5.1.- Estos factores son el Índice de rugosidad internacional (IRI), la deflexión como parámetro de evaluación estructural, y coeficiente de

¹⁷ http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/charter/index_es.htm

fricción. Cuidando estos tres factores, en la ejecución de una vía se garantiza el *aporte DE SEGURIDAD A LOS USUARIOS DE LA MISMA*.

5.2.- Es de precisar que las carreteras en los andes por su propia situación, los radios de giro, los cambios climáticos drásticos en un mismo viaje de pocas horas; lo cual a su vez influye en las condiciones del pavimento asfáltico, que a veces ocasiona riesgos importantes en la seguridad de los usuarios de la vía. El trabajo que tiene un componente teórico, pero basado además en el estudio y seguimiento de la causa de diversos accidentes, por la experiencia profesional de los autores, intenta aproximarse a este grave problema. Se indicará estos riesgos: como son la exudación del asfalto y de las deformaciones del pavimento asfáltico y su relación directa con la seguridad vial.

Así mismo, cuidar las cualidades clásicas de la calidad de los pavimentos asfálticos; es decir, la necesidad de obtener un adecuado *Índice de Rugosidad Internacional (IRI)* de los *ensayos de deflectometría* y el *factor de rozamiento* (neumático – pavimento) todos ellos influyen decisivamente en la seguridad vial. No podemos perder de vista además que existen fórmulas comúnmente usadas en la reconstrucción de accidentes de tránsito y la influencia importante de cuidar este coeficiente de rozamiento en la seguridad de la carretera.

5.3.- Por último, no debemos olvidar los aspectos legales y la legislación que rodean la responsabilidad de los constructores, concesionarios y del propio Estado, respecto de la responsabilidad civil cuando se producen daños corporales o la muerte del conductor o de sus pasajeros. Es necesario además empezar a crear una cultura de la indemnización para los afectados de un accidente de tránsito. Por allí va la tendencia mundial. El cuidado esmerado de estas tres condiciones durante la construcción o el mantenimiento de una obra vial, es fundamental principalmente en la calidad de la obra y más aún en el aporte de seguridad al ciudadano, cuando usa la infraestructura vial.

VI.- Conclusiones:

6.1.- Nuestros países son tan diversos en cuanto a sus regiones aunado a que existe gente de todas las razas, venidas de tantas partes del mundo, con sus propias costumbres. Esta pluralidad de regiones, razas, de gentes, tiene una influencia muy importante en el comportamiento social y finalmente en la forma de conducir un vehículo.

6.2.- ¿Cómo resolver estos problemas que afligen a nuestros usuarios de la zona andina?

Nuestra propuesta primera es, tomar conciencia del problema como Estado y como sociedad. Luego de ello, intentar dar una solución empezando a identificar y resolver los “*puntos negros*”. Así mismo, debemos optar por la posibilidad de repensar nuestros anchos de vías, construir ciclo vías y dar un mayor ancho a la carretera.

6.3.- La propuesta que planteamos para ser concertada por todos los actores sociales en nuestros países andinos: ***reducir el número de muertes por accidente a la mitad hasta el año 2015.***

6.4.- El cuidar tres factores fundamentales en la construcción de carreteras: Estos factores son el Índice de rugosidad internacional (IRI), la deflexión como parámetro de evaluación estructural, y Coeficiente de fricción. El cuidado esmerado de estas tres condiciones durante la construcción o el mantenimiento de una obra **vial**, es fundamental principalmente en la calidad de la obra y más aún en el aporte de seguridad al ciudadano, cuando usa la infraestructura vial.

CAPITULO V

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI

5.1 Generalidades

El respeto al medio ambiente en obras y proyectos que posiblemente podrían tener implicaciones negativas al entorno, aún con la justificación del crecimiento económico, es tópicamente de diversas reflexiones cada vez de mayor interés. Responde a los desafíos planteados por el desarrollo sustentable, principalmente ante una perspectiva donde es urgente balancear el bienestar social con la preservación de los recursos naturales, en horizontes de tiempo más duraderos. En este sentido, la experiencia empresarial adquirida por el ejercicio ecológico a través de los caminos, ha establecido nuevas pautas para la concepción, construcción, operación y mantenimiento de este tipo de infraestructura, imprescindible para el impulso del progreso.

Las autopistas son el reflejo del reto de crecer y conservar, debido al compromiso de prevenir y mitigar los impactos generados a los ecosistemas por donde transcurren, así como su sobresaliente participación en los distintos órdenes de la economía y el bienestar, pues son las principales vías por donde transita la gente y las mercancías.

Las carreteras se han ido transformando acorde a la evolución del pensamiento y el avance tecnológico. Sin embargo, lo que no ha cambiado en miles de años a pesar del desarrollo, es el hecho de que los caminos se acercan a los pueblos, mejoran la economía, fomentan los intercambios culturales, económicos e ideológicos, estimulan a los profesionales y promueven el descubrimiento de riquezas arqueológicas, paisajísticas y naturales.

Durante los últimos años, se ha globalizado la percepción de los caminos a nivel internacional, como una excelente vía de reconocimiento de valores naturales y visuales, pues para muchas personas, es sólo a través de ellos como se puede conocer algo sobre la orografía, los diferentes ecosistemas y los paisajes.

En América del Norte, por ejemplo, se certifican como Carreteras Verdes o *Green Highway*, como sello de identificación con su alta calidad. Asimismo, se declara la necesidad de fortalecer las políticas de transporte con la finalidad de ofrecer una mejor calidad de vida en una base referida precisamente a lo social, económica, financiera y ambiental; esto demanda que los efectos externos del transporte se consideren

integralmente, para la toma de decisiones, en todos los sectores, pues determinan el futuro del desarrollo (Ovalle, 2004).

Además la reforestación se ha emprendido con un enfoque sustentable, en los derechos de vía, taludes y áreas vulnerables, principalmente con las especies regionales. También se han restaurado bancos de materiales bajo esta misma base. Por otra parte y complementariamente, se han tomado iniciativas para la difusión de la cultura ambiental, como lo es la Regionalización por Ecosistemas, resultado del esfuerzo desarrollado desde 1995 hasta 1997 entre el Instituto Nacional de Ecología e ICA.

En conjunto estas y otras acciones nos han permitido consolidar una imagen de calidad y compromiso con el medio ambiente. Además del ahorro efectivo por evitar cargos administrativos. Aunado a esto, se tiene como meta la certificación en ISO 9000 y 14000, como plataforma al desarrollo sustentable (Ovalle, 2004). Todos y cada uno de estos componentes tienen que constituirse en parte integral de las vías de transporte y solamente un análisis minucioso de los mismos, permitirá conocer el verdadero impacto que causan sobre el medio ambiente en general.

5.2 Características generales de la Autopista General Rumiñahui

La Autopista General Rumiñahui de 11.4 Km. de extensión., fue concesionada por el H. Consejo Provincial de Pichincha al Consorcio Tribasa-Colisa, desde el 18 de noviembre de 1994. La autopista General Rumiñahui se encuentra ubicada entre el sector del Valle de los Chillos (Cantón Rumiñahui) y el sector del Trébol (Cantón Quito). Su carretera se encuentra dividida en siete carriles que permiten una movilización adecuada de todos los de vehículos que circulan durante las 24 horas del día. La autopista posee un sistema de iluminación que garantiza la seguridad de los conductores durante las horas de la noche y cuando las condiciones medioambientales dificultan la visibilidad de los conductores (Figura 1).



Figura 1. Sistema de iluminación de la autopista General Rumiñahui

5.3 Evaluación ambiental

La evaluación del impacto ambiental en la autopista General Rumiñahui se realizó considerando cinco factores: ruido, vibración, contaminación del aire, efectos paisajísticos y peligro para los peatones.

5.3.1 Ruido

El ruido se define como una combinación desagradable, indeseable o perjudicial de sonidos. Para una misma intensidad, por ejemplo, un ruido impredecible resulta más molesto que uno rítmico o continuo. Los efectos perjudiciales del ruido van desde los evidentes, como pérdida de la audición, o hipoacusia, a los psicológicos, que afectan tanto el rendimiento laboral como la vida de relación. Hipertensión, estrés, dolores de cabeza, trastornos digestivos, desequilibrios hormonales, fatiga y bajas en el sistema inmune son parte de los efectos poco evidentes de la contaminación sonora. El ruido aumenta la secreción de adrenalina, alterando el comportamiento normal y afectando, por ejemplo, la capacidad de aprendizaje de los niños.

El procedimiento para el cálculo del ruido se dividió en dos partes:

1. Predicción en un punto y dentro de un periodo dado o en una fecha dada de un nivel básico del ruido producido por el tránsito en determinada longitud de la vía.
2. Estimación del campo de ruido que resulte al tomar en consideración los factores principales que afectan la propagación del ruido hasta una distancia de 300 m más allá de la vía.

El nivel básico de ruido (L_{10}) se determinó mediante la expresión:

$$L_{10} = 28.1 + 10 \log Q - \text{dB(A)}$$

Donde:

L_{10} = nivel básico de ruido

Q = flujo vehicular = número máximo de vehículos que hace uso de la vía entre las 6:00 y 24:00 horas en un día de trabajo normal.

dB (A) = decibeles con ponderación A

Esta expresión proporciona el nivel básico del ruido, correspondiente a un flujo vehicular dado a una velocidad promedio de 75 Km./hora.

Considerando que el número de vehículos entre pesados, medianos y livianos que circulan por la autopista general Rumiñahui (QUITO-VALLE y VALLE-QUITO) en un día normal entre las 6:00 y 24:00 horas es de 30053 en promedio, el nivel básico de ruido será:

$$L_{10} = 28.1 + 10 \log Q$$

$$L_{10} = 28.1 + 10 \log(30053)$$

$$L_{10} = 72.87 \text{dB(A)}$$

El ruido comienza a afectar la salud humana por larga exposición cuando supera los 70 a 75 decibeles. De acuerdo a la escala dB(A) el nivel básico de ruido encontrado en la autopista General Rumiñahui dificulta la comunicación entre las personas, puede afectar el sueño, al sistema cardiovascular y representa un ligero peligro para el sistema auditivo.

5.3.2 Vibración

La vibración ha sido materia de discusión cuando se habla de contaminantes del medio ambiente. Actualmente se considera que con la evidencia disponible no es probable que sea un factor significativo, a pesar de los puntos de vista que con frecuencia expresan lo contrario. Aunque en la actualidad no se cuenta con un mecanismo que permita expresar la vibración mediante un valor numérico, se tiene la certeza que autopistas como la General Rumiñahui que tiene esquemas viales con pavimentos construida con técnicas modernas y buenas superficies de rodadura no producen problemas vibratorios.

5.3.3 Contaminación del aire

Los principales contaminantes del aire, relacionados con el transporte son: monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, y plomo.

5.3.3.1 Concentración de monóxido de carbono

El monóxido de carbono se constituye en una amenaza para la salud solo en las zonas inmediatas a la fuente emisora debido a que su concentración disminuye rápidamente cuando se incrementa su distancia con respecto a la fuente. Las concentraciones de monóxido de carbono en sitios específicos se pueden estimar con base en los niveles de tránsito, las tasas de emisión del los vehículos, la geometría del sitio y las condiciones climatológicas.

Para calcular la concentración de monóxido de carbono se utilizó el método descrito en el Informe Suplementario 752 del Transport and Road Research Laboratory de Gran Bretaña, el cual consiste en la aplicación de tres expresiones matemáticas, así:

1. Permite calcular la concentración de monóxido de carbono como una función de la distancia entre la vía y el receptor.

$$CO = 1.5e^{-0.033D}$$

Donde:

CO = concentración de monóxido de carbono en partes por millón, correspondientes al promedio de una hora.

D = distancia entre el receptor y el centro de la vía en metros

2. Corresponde al factor de corrección por velocidad.

$$F = 38.9V^{-0.795}$$

Donde:

F = factor de corrección

V = velocidad promedio de los vehículos (Km./hora)

3. Proporciona un estimativo de la concentración promedio de 8 horas que es probable que se exceda una vez al año, a partir de la concentración promedio de una hora, obtenido mediante la aplicación de las ecuaciones anteriores.

$$CO_8 = 1.19 + 1.85CO_1$$

Donde:

CO_8 = concentración de 8 horas excedida una vez al año

CO_1 = concentración de una hora pico.

Considerando que en la autopista General Rumiñahui circula un flujo vehicular promedio de 1000 vehículos en una hora, y que la distancia mínima entre el receptor y el centro de la vía es de 50 m, la concentración de monóxido de carbono será:

$$CO = 1.5e^{-0.033D}$$

$$CO = 1.5e^{-0.033(50)}$$

$$CO = 0.288\text{ppm}$$

La velocidad promedio en la autopista General Rumiñahui, considerando las dos rutas (Quito – Valle, Valle – Quito) es de 75 Km. /hora. En base a esta información el factor de corrección será:

$$F = 38.9V^{-0.795}$$

$$F = 38.9(75)^{-0.795}$$

$$F = 1.2568$$

$$CO_1 = 0.288 * 1.2568$$

$$CO_1 = 0.3620\text{ppm}$$

$$CO_8 = 1.19 + 1.85(CO_1)$$

$$CO_8 = 1.19 + 1.85(0.3620)$$

$$CO_8 = 1.8597\text{ppm}$$

Como la concentración de monóxido de carbono para un periodo de exposición de 8 horas no debe excederse una vez al año las 2.25 ppm, se concluye que las concentraciones de monóxido de carbono en la autopista General Rumiñahui se encuentran bajo el nivel permitido (1.8597 ppm). Sin embargo es necesario aclarar que el método empleado para el cálculo, no hace un análisis detallado sobre el estado específico de los diferentes tipos de vehículos que circulan por la carretera (vehículos pesados, medianos y livianos); por lo que es recomendable realizar un análisis mas detallado antes de tomar decisiones sobre los efectos nocivos del monóxido de carbono presente en la autopista.

5.3.3.2 Concentración de hidrocarburos

Los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno son importantes a nivel regional debido a su amenaza contra la salud se manifiesta a través del

“smog” (oxidantes fotoquímicos), el cual es producto de una reacción química que ocurre en la parte superior de la atmósfera, a cuya formación contribuyen los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno. La concentración de hidrocarburos se determinó con la siguiente expresión:

$$H = 1.8CO(R) + 4.0$$

Donde:

CO = concentración de monóxido de carbono = 1.8597 ppm

H = concentración de hidrocarburos en ppm.

R = relación de la tasa de emisión de hidrocarburos a la de monóxido de carbono para una característica promedio de velocidad en el sitio = 0.30 a una velocidad promedio de 75 Km./hora.

Para el caso de la autopista general Rumiñahui se tiene que la concentración de hidrocarburos será:

$$H = 1.8CO(R) + 4.0$$

$$H = 1.8(1.8597)(0.30) + 4.0$$

$$H = 5.00\text{ppm}$$

Este valor es similar el valor mínimo establecido por la organización mundial de la Salud (5.0 ppm).

5.3.3.3 Concentración de hidrocarburos

El dióxido de nitrógeno es el único óxido de nitrógeno que tiene efectos negativos contra la salud humana cuando se encuentra concentrado en el aire. La concentración de óxido de nitrógeno se determinó con la siguiente expresión:

$$N = CO(R) + 0.1$$

Donde:

CO = concentración de monóxido de carbono = 1.3620 ppm

N = concentración de óxido de nitrógeno en ppm.

R = relación de la tasa de emisión de óxido de nitrógeno a la de monóxido de carbono para una característica promedio de velocidad en el sitio. (0.15 a una velocidad promedio de 75 Km./hora).

$$N = 1.3620(0.15) + 0.1$$

$$N = 0.1543\text{ppm}$$

Este valor es inferior el valor mínimo establecido por la organización mundial de la Salud (0.17 ppm). Sin embargo es superior al establecido por Estados Unidos (0.05 ppm). El efecto ambiental producido por las concentraciones de óxido de nitrógeno dependería de los valores establecidos para cada país.

5.3.3.4 Concentración de Plomo

El plomo se emite a través del tubo de escape en la forma de óxido de plomo. Sus efectos van desde un mal funcionamiento del aparato digestivo, un malestar general y una atrofia muscular hasta el estado de coma. Las concentraciones de plomo se pueden controlar mediante el empleo de gasolina sin plomo o con bajas concentraciones de plomo. La concentración de plomo se determinó con la siguiente expresión:

$$P = 0.2CO(R) + 0.8$$

Donde:

CO = concentración de monóxido de carbono = 1.3620 ppm

P = concentración de plomo en ppm.

R = relación de la tasa de emisión de plomo a la de monóxido de carbono para una característica promedio de velocidad en el sitio. (1.70 a una velocidad promedio de 75 Km./hora).

$$P = 0.2(1.3620)(1.70) + 0.8$$

$$P = 1.263\text{ppm}$$

Este valor es inferior el valor mínimo establecido por la organización mundial de la Salud (2.0 ppm), por lo que no existe un efecto ambiental de este tipo de contaminante en la autopista General Rumiñahui.

5.3.4 Efectos paisajísticos

La consideración de los factores paisajísticos y su influencia en la selección de una ruta se basan en principios fundamentales basados en el alineamiento de la vía. El alineamiento debe hasta donde sea posible, reflejar y explotar las características básicas del paisaje a través del cual pasa, con el fin de lograr una relación satisfactoria tanto en términos físicos como visuales entre éstos dos elementos. De

esta forma, se causa el mínimo impacto a la escala, carácter y calidad del paisaje y, al mismo tiempo, en donde sea necesario, se contribuye al mejoramiento de la calidad y la apariencia del paisaje. Además, desde el punto de vista del usuario de la vía, explotar el carácter y la calidad del paisaje de tal manera que proporcione una vista agradable, interesante y segura. Y finalmente debe ocasionar los mínimos trastornos a los usos y actividades del suelo, actuales y futuros, dentro del paisaje a través del cual pasa.

La autopista General Rumiñahui contiene en el centro de las vías aproximadamente 2000 árboles de Acacia plantados en el centro de la carretera, de aproximadamente 8 a 12 cm. de diámetro, de 3 a 5 m de altura y de 3 a 6 m de diámetro de copa. Además, posee otras especies en menor cantidad como Falsa Acacia, Ciprés, Pino y Casuarina, distribuidas a lo largo de la carretera (Figura 2). Estas especies arbóreas a más que proporcionan belleza escénica, ayudan a mitigar el impacto ambiental, ya que secuestran pequeñas cantidades de carbono generado por los vehículos (Eduarte y Segura 1999).



Figura 2. Especies arbóreas presentes en la autopista General Rumiñahui.

A nivel de paisaje, la autopista General Rumiñahui no irrumpe las formaciones boscosas existentes, más bien brinda la posibilidad de apreciar con claridad pequeños rodales de Eucalipto, montes y montañas que sobresalen en su trayecto.

5.3.5 Peligro para los peatones

A lo largo de la autopista General Rumiñahui, se encuentran 10 puentes peatonales que facilitan y agilitan la movilización de las personas (Figura 3). Además ayudan a mantener la seguridad de los habitantes de los sectores aledaños a la autopista.



Figura 3. Puente peatonal que ayuda a mantener la seguridad de las personas en la autopista General Rumiñahui.

CAPITULO VI

COSTOS DE LOS ACCIDENTES

Los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de muerte en nuestro país. Con el crecimiento de la población, el desarrollo urbano y rural del sistema vial, ha crecido también el parque automotor a nivel nacional; con lo que se ha acentuado la gravedad de este problema permanente y doloroso.

En los accidentes de tránsito se encuentran inmersos diferentes factores, los cuales tienen estrecha relación con el diseño, estructura, el estado de las carreteras, el tráfico existente en la mismas y los usuarios. Entre estos factores se pueden mencionar los siguientes:

Tipo de carretera, número de carriles, ancho de la carretera, radio y número de curvas, intensidad y clase de tráfico, tipo de vehículos, velocidad a la que transitan los vehículos, señalización, mantenimiento, normatividad de tránsito, calidad de usuarios y de la Policía, así como también factores climatológicos etc. Este capítulo, dada la complejidad del origen y la intervención de estos factores, está enfocado a llegar a una aproximación de los costos de los accidentes de tránsito, sabiendo de antemano que siendo enormes sus costos materiales, sus costos sociales son incalculables por el daño psicológico y moral que causan a la población de una comunidad. Este es el motivo por el cual se ha tomado en cuenta en el presente proyecto el cálculo de los costos de los accidentes de tránsito.

Dentro de los costos de los accidentes existen algunos componentes, entre los principales tenemos:

- Costos de hospitalización por heridas y traumatismos
- Costos por la pérdida de población económicamente activa, en caso de muertes
- Daño de los vehículos
- Daños de la propiedad
- Costos de la actuación policial
- Costos de los servicios de auxilio y rescate
- Gastos de tratamiento en hospitales
- Gastos de funerales

Todos estos rubros son relativamente factibles de ser evaluados en términos financieros, lo que si conlleva complejidad total es evaluar el costo del dolor, desgracia y

sufrimiento físico y psicológico de las víctimas en las vías. También deben ser tomados en cuenta los efectos a largo plazo de la incapacidad sufrida a causa de un accidente de tránsito.

6.1 Análisis cuantitativo

6.1.1 Costos económicos

6.1.1.1 Costo de un muerto

Un muerto, en cualquier parte del mundo no tiene un valor económico, ya que en éste aspecto influye el valor social, familiar y sentimental que tiene una persona que fallece en relación con la sociedad. Sin embargo para los objetivos de la presente propuesta, es necesario hacer una estimación cuantitativa de dicho rubro. De esta manera, el costo de un muerto, en nuestro país, se lo estima con el siguiente cálculo, aplicando en forma actualizada la metodología definida por el Instituto Israelí de Planificación e Investigación del Transporte¹⁸:

$$CM = PIBp/c * K$$

Donde:

CM = Costo de un muerto

PIBp/c = Producto interno bruto Per. Cápita

K = Porcentaje del ahorro nacional

Al igual que en el capítulo IV de índices de accidentes de tránsito, se trabajará con los datos y el cálculo del año 2006 por ser los datos más recientes con los que se cuenta.

A continuación se muestra el cálculo del costo de un muerto para el año 2006:

Datos:

PIBp/c = 1.608 USD

(Dato tomado del documento **cuentas nacionales No.21 1993-2006 julio del 2.007 del Banco Central**)

K = 27 %

El porcentaje de ahorro nacional se obtiene de dividir el ahorro bruto para el PIB, y todo esto por 100.

¹⁸ Pág. 15 Costos de accidentes de tránsito 1991 del ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

$$\text{Ahorro bruto/PIB} * 100 = K$$

Para el año en estudio tenemos:

$$\text{Ahorro bruto} = 11'065.955$$

$$\text{PIB} = 41'401.844$$

$$(11'065.955 / 41'401.844) * 100 = 27 \%$$

Aplicando la fórmula para obtener el costo de un muerto tenemos:

$$\text{CM} = 1.608 * 0.27$$

$$\text{CM} = 434,16 \text{ USD}$$

El costo indirecto de un muerto para el año 2006, en nuestro país es de 434,16 dólares. La Seguridad Social para sus cálculos actuariales considera productiva a una persona a partir de los 16 años, edad en la que ya puede trabajar, así mismo una persona termina su instrucción secundaria a partir de 19 años promedio y un profesional su instrucción superior a los 24 años, por ello trabajaremos con un promedio de inicio de vida productiva a partir de los 20 años. La esperanza de vida en nuestro país se encuentra en 78.02 para mujeres y 72,12 para hombres, luego el promedio es de 75 años; pero se considera productiva una persona hasta los 65, que es la edad de jubilación.

Así pues si tomamos el segmento de 16 a 40 años que es donde se produce la mayor cantidad de muertes (10% al 15%) y trabajamos con la media de 28 años, tenemos entonces que una víctima fatal de un accidente de tránsito deja de producir 37 años y luego tiene un costo directo de:

$$37 * 434,16 = 16.063 \text{ USD}$$

En comparación:

$$\text{En España; muerto} = 4'300.000 \text{ pesetas} = 33.000 \text{ USD}$$

$$\text{En Suecia; muerto} = 500.000 \text{ Koronas suecas} = 50.000 \text{ USD}$$

Se entiende la diferencia por el alto nivel de vida, indicadores económicos y de productividad de esos dos países.

Lo cual al aplicar al contexto global del año 2006, tenemos:

$$1.801 \text{ (muertos)} * 16.063 = 28'929.468$$

Como podemos notar existe una pérdida para el país, sólo en el año 2006, una cantidad que se aproxima a veinte y nueve millones de dólares. Y si tomamos las víctimas de 7 años, desde el 2.000 hasta el 2.006 ¹⁹ entonces, en este lapso, para el país, tenemos una pérdida de:

$$10.000 \text{ (muertos)} * 16.063 = 160'630.000$$

6.1.1.2 Costo de un herido

Para el cálculo del costo de un herido por accidente de tránsito es necesario basarse en los datos proporcionados por el ministerio de Salud, sobre el promedio de estadía en el hospital de un herido en un accidente de tránsito.

El promedio general de estadía en un hospital es de 18.4 días, además se considera el producto interno bruto per. cápita y el porcentaje de ahorro nacional.

El costo de un herido en nuestro país se lo estima con el siguiente cálculo:

$$CH = PIBp/c * K * Ph$$

Donde:

CH = Costo de un herido

PIBp/c = Producto interno bruto per. cápita

K = Porcentaje de ahorro nacional

Ph = Factor de estadía en el hospital

A continuación se muestra el cálculo del costo de un herido para el año 2006:

Datos:

$$PIBp/c = 1.608$$

$$K = 27 \%$$

$$Ph = 0.05$$

¹⁹ Ver Pág. 24 de este documento

El factor de estadía en el hospital por año se obtiene dividiendo el promedio general de estadía en un hospital para la cantidad de días que tiene un año.

$$18.4 / 365 = Ph = 0.05$$

Aplicando la fórmula para obtener el costo indirecto de un herido tenemos:

$$CH = 1.608 * 0.27 * (18.4 / 365)$$

$$CH = 21.71 \text{ USD}$$

El costo indirecto de un herido en nuestro país es de: CI = 21.71 USD.

De la misma manera el costo de hospitalización diario promedio de un herido grave, en el Hospital Metropolitano esta en 800 USD, en el Hospital Vozandes el costo diario promedio esta en 450 USD, en el hospital de la Policía 320 USD el cual incluye cuidados intensivos, honorarios médicos, medicamentos, quirófano y hospitalización, a estos costos, en muchas ocasiones hay que aumentar costos de fisioterapia de 30 días * 8 USD = 240, por lo que trabajando con un promedio entre hospitales de nivel medio y otro alto, tenemos que el costo directo de un herido grave:

$$CD = 18.4 * 523 = 9.629 \text{ USD}$$

$$\text{Entonces costo de un herido grave} = CD + CI = 9.629 + 21.71 = 9.650,71$$

Mientras que para un herido leve:

$$3 (\text{días}) * 453 + 21.71 = 1.380,71 \text{ USD}$$

En otros países:

$$\text{En España; herido grave} = 1'750.000 \text{ Pesetas} = 13.462 \text{ USD}$$

$$\text{En Suecia; herido grave} = 200.000 \text{ Koronas Suecas} = 20.000 \text{ USD}$$

$$\text{Herido leve} = 25.000 \text{ Koronas Suecas} = 2.500 \text{ USD}$$

De aquí que anualmente para nuestra sociedad, cuantitativamente, por heridos significaría una pérdida anual de:

$$8.022 * 9.650 = 77'412.300 \text{ USD}$$

6.1.1.3 Costo de un vehículo implicado en un siniestro

17	\$ 15.000,00	\$ 400,00	57	\$ 8.000,00	\$ 290,00
18	\$ 12.000,00	\$ 750,00	58	\$ 16.000,00	\$ 450,00
19	\$ 9.200,00	\$ 100,00	59	\$ 8.000,00	\$ 800,00
20	\$ 15.000,00	\$ 1.200,00	60	\$ 6.000,00	\$ 730,00
21	\$ 12.500,00	\$ 1.500,00	61	\$ 14.000,00	\$ 250,00
22	\$ 20.677,44	\$ 300,00	62	\$ 7.000,00	\$ 1.200,00
23	\$ 18.400,00	\$ 900,00	63	\$ 5.000,00	\$ 612,00
24	\$ 10.580,00	\$ 800,00	64	\$ 18.400,00	\$ 900,00
25	\$ 10.640,00	\$ 100,00	65	\$ 7.000,00	\$ 100,00
26	\$ 35.355,20	\$ 4.000,00	66	\$ 31.000,00	\$ 2.500,00
27	\$ 9.000,00	\$ 350,00	67	\$ 13.000,00	\$ 800,00
28	\$ 15.000,00	\$ 150,00	68	\$ 25.000,00	\$ 360,00
29	\$ 26.030,00	\$ 2.100,00	69	\$ 22.000,00	\$ 1.990,00
30	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	70	\$ 5.000,00	\$ 600,00
31	\$ 7.100,00	\$ 1.500,00	71	\$ 5.000,00	\$ 2.100,00
32	\$ 11.100,00	\$ 500,00	72	\$ 18.000,00	\$ 1.100,00
33	\$ 14.800,00	\$ 600,00	73	\$ 8.800,00	\$ 850,00
34	\$ 11.700,00	\$ 1.400,00	74	\$ 7.650,00	\$ 1.200,00
35	\$ 14.000,00	\$ 300,00	75	\$ 11.250,00	\$ 3.000,00
36	\$ 27.000,00	\$ 2.800,00	76	\$ 13.130,00	\$ 650,00
37	\$ 12.150,00	\$ 450,00	77	\$ 16.500,00	\$ 1.000,00
38	\$ 34.600,00	\$ 700,00	78	\$ 13.000,00	\$ 650,00
39	\$ 9.000,00	\$ 400,00	79	\$ 16.000,00	\$ 3.500,00
40	\$ 34.600,00	\$ 700,00	80	\$ 11.050,00	\$ 2.150,00

Nº	Suma Asegurada	Mano de Obra y Repuestos	Nº	Suma Asegurada	Mano de Obra y Repuestos
81	\$ 20.000,00	\$ 250,00	121	\$ 11.157,00	\$ 1.900,00
82	\$ 11.000,00	\$ 500,00	122	\$ 7.200,00	\$ 800,00
83	\$ 18.400,00	\$ 400,00	123	\$ 15.550,00	\$ 2.500,00
84	\$ 18.000,00	\$ 247,00	124	\$ 10.200,00	\$ 1.500,00
85	\$ 13.000,00	\$ 750,00	125	\$ 10.600,00	\$ 400,00
86	\$ 6.115,00	\$ 1.400,00	126	\$ 8.800,00	\$ 120,00
87	\$ 16.595,00	\$ 1.250,00	127	\$ 16.820,50	\$ 3.500,00
88	\$ 12.000,00	\$ 600,00	128	\$ 11.200,00	\$ 4.500,00
89	\$ 7.480,00	\$ 650,00	129	\$ 9.000,00	\$ 5.000,00
90	\$ 29.859,90	\$ 1.900,00	130	\$ 30.990,00	\$ 2.500,00
91	\$ 17.490,00	\$ 350,00	131	\$ 8.100,00	\$ 500,00
92	\$ 6.500,00	\$ 500,00	132	\$ 8.000,00	\$ 800,00
93	\$ 13.000,00	\$ 3.000,00	133	\$ 11.000,00	\$ 800,00
94	\$ 10.000,00	\$ 3.300,00	134	\$ 12.000,00	\$ 200,00
95	\$ 18.000,00	\$ 150,00	135	\$ 9.000,00	\$ 250,00
96	\$ 33.000,00	\$ 100,00	136	\$ 12.000,00	\$ 300,00
97	\$ 6.000,00	\$ 160,00	137	\$ 9.300,00	\$ 2.600,00
98	\$ 19.800,00	\$ 200,00	138	\$ 17.000,00	\$ 1.300,00
99	\$ 14.000,00	\$ 12.600,00	139	\$ 7.000,00	\$ 250,00
100	\$ 11.250,00	\$ 300,00	140	\$ 12.000,00	\$ 4.500,00
101	\$ 7.500,00	\$ 300,00	141	\$ 24.200,00	\$ 1.100,00
102	\$ 5.400,00	\$ 250,00	142	\$ 14.000,00	\$ 1.200,00
103	\$ 8.500,00	\$ 600,00	143	\$ 35.712,00	\$ 1.800,00
104	\$ 33.000,00	\$ 1.000,00	144	\$ 16.000,00	\$ 300,00
105	\$ 4.500,00	\$ 1.450,00	145	\$ 7.700,00	\$ 1.600,00
106	\$ 19.630,00	\$ 1.800,00	146	\$ 36.000,00	\$ 1.850,00
107	\$ 8.000,00	\$ 400,00	147	\$ 7.080,00	\$ 3.000,00
108	\$ 14.520,00	\$ 3.000,00	148	\$ 11.800,00	\$ 450,00
109	\$ 20.000,00	\$ 1.000,00	149	\$ 13.000,00	\$ 250,00
110	\$ 22.312,50	\$ 2.700,00	150	\$ 20.000,00	\$ 2.000,00
111	\$ 20.000,00	\$ 350,00	151	\$ 5.000,00	\$ 2.400,00
112	\$ 19.000,00	\$ 300,00	152	\$ 7.500,00	\$ 300,00
113	\$ 33.000,00	\$ 450,00	153	\$ 16.540,00	\$ 850,00
114	\$ 33.000,00	\$ 2.000,00	154	\$ 8.500,00	\$ 700,00
115	\$ 20.000,00	\$ 400,00	155	\$ 28.950,00	\$ 350,00
116	\$ 11.000,00	\$ 800,00	156	\$ 10.000,00	\$ 400,00
117	\$ 12.000,00	\$ 300,00	157	\$ 22.500,00	\$ 1.300,00
118	\$ 22.500,00	\$ 2.500,00			
119	\$ 14.670,00	\$ 800,00			
120	\$ 13.000,00	\$ 300,00			
				TOTAL	\$193.619,00
				PROMEDIO	\$ 1.233,24

Fuente: Hispano de Seguros

Ahora sumamos los promedios de las dos tablas y se obtiene un promedio

general:

Promedio de Aseguradora del Sur: 661,612 (P1) USD

Promedio de Hispano de Seguros: 1.233,24 (P2) USD

Promedio General (PG):

$$(P1 + P2)/2 = PG$$

$$(661,612 + 1.233,24)/2 = 947,42 \text{ USD}$$

Por lo tanto el costo promedio del arreglo de un vehículo accidentado en el Ecuador es: Costo de un vehículo siniestrado = 947,42 USD.
 Para determinar el costo económico promedio que conlleva resanar los vehículos involucrados en un accidente de tránsito realizamos la siguiente operación:

$$PG * (\text{Promedio de autos involucrados en un accidente}) = \text{Costo promedio vehículos accidentados}$$

$$947,42 * 1,5 = 1.421,13 \text{ USD}$$

Ahora para aproximar a cifras las pérdidas económicas, por daños a los vehículos, accidentados durante el año 2006 multiplicamos por el total de accidentes durante el año:

$$1.421,13 * 18.583 \text{ (total de accidentes del 2.006)} = 26'408.858$$

Sumando los costos de los muertos, heridos y vehículos siniestrados del año 2.006 se puede colegir que hay pérdidas anuales, aproximadas, muy importantes para el país:

Perdidas para el país como producto de accidentes del año 2.006

Por muertes	28'929.468
Por heridos	77'412.300
Por reparaciones veh.	26'408.858
TOTAL	132'750.627

6.1.2 Costos sociales

“Las lesiones y muertes causadas por los accidentes de tránsito constituyen un problema global que afecta a todos los sectores de la sociedad. Este grave problema ha carecido de la debida atención en los últimos años debido por una parte, a una falta de información y, por consiguiente, una deficiente apreciación de la magnitud del daño que éste a causado, y por otra, a la falta de respuesta de las autoridades competentes.

Sin embargo, los países de altos ingresos han sido capaces de reducir en un 50% sus accidentes en la última década, lo cual muestra que es posible tomar acciones para aminorar el problema. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha preparado un informe el cual fue revisado y enriquecido por diversas entidades de las Naciones Unidas, para hacer un diagnóstico de la situación actual (*Global road safety crisis*, 7 de agosto 2003).

En el año 2000 se estimó que 1.26 millones de personas en el mundo murieron como resultado de accidentes viales. La proyección de la OMS es que en el año 2020 los accidentes de tráfico podrán constituir la tercera causa de muerte y discapacidad a la cabeza de males como la malaria, la tuberculosis y el SIDA.

Los accidentes de tráfico afectan de manera desproporcionada a los países de ingresos bajos y medios a pesar de que su tasa de motorización es considerablemente menor que la de los países ricos. Por ejemplo, en el año 2000 fallecieron más de un millón de personas en estos países.

Esta inequidad se extiende también a otros aspectos. En los países en vías de desarrollo la mayoría de los afectados por los accidentes corresponden a la población de menores ingresos (peatones, ciclistas, niños y pasajeros del transporte público) Estas personas tienen un menor acceso a atención médica oportuna lo cual contribuye a la gravedad de las secuelas de las lesiones y una mayor probabilidad de muerte. Finalmente, más del 50% del total de muertes afecta a personas jóvenes y adultos jóvenes entre los 15 y 44 años, y además, dos tercios del total corresponde a hombres y sólo un tercio a mujeres, lo que trae como consecuencia que los fallecimientos representan un alto costo en términos de pérdida de ingresos familiares y producción económica.

Por lo tanto queda de manifiesto que el problema de la accidentabilidad vial tiende a empeorar constituyendo una crisis global de salud pública acrecentada por el vertiginoso aumento de la tasa de motorización en los países en vías de desarrollo. En este escenario la OMS estima que los accidentes de tráfico sean en el 2020 la segunda causa de morbilidad y muerte en los países menos desarrollados, en contraste con los países desarrollados, cuyos esfuerzos por hacer más segura su vialidad va dando frutos día a día.

El Instituto de Seguridad Vial de la República Argentina (ISEV) propuso hace algunos años la generación de algún índice medianamente eficiente que permitiera dimensionar la evolución de esta enfermedad social en América Latina. En la tabla que se reproduce a continuación, se presentan algunos indicadores de los accidentes de tránsito en los países latinoamericanos y para efectos de comparación se incluyen también algunos países europeos desarrollados.

INDICES DE ACCIDENTALIDAD DE AMERICA LATINA Y ALGUNOS PAISES DE EUROPA.

País	A	B	C	D
Argentina	8536	23,56	1.280	5,43
Brasil	20178	11,90	1.040	8,74
Chile	2031	13,14	902	6,87
Paraguay	910	16,15	1.820	11,27
Uruguay	811	24,28	1.248	5,14
Colombia	8250	19,15	2.959	15,45
Perú	4290	16,28	3.548	21,79
México	17881	18,04	1.467	8,13
Ecuador	1900	15,63	3.059	19,57
Alemania	6977	8,46	133	1,57
Estados Unidos	42116	15,44	193	1,25
Francia	8160	13,94	249	1,78

Fuente: Instituto de Seguridad Vial de la República Argentina (ISEV) Febrero, 2003.

- E. Muertos en accidentes de tránsito (dato “duro” corregido por coef. ONU)
- F. Tasa de mortalidad por cada 100.000 habitantes.
- G. Tasa de mortalidad por cada 1.000.000 de vehículos.
- H. Índice de motorización social (cantidad de habitantes por vehículo)

Por otra parte en la CEPAL ha realizado recientemente un estudio relacionado con el sistema de remuneración de los chóferes de la locomoción colectiva de Santiago de Chile ([Boletín FAL nro. 217](#)) Una de las conclusiones más relevantes de este estudio es que la mayoría de los chóferes de locomoción colectiva obtiene una ganancia por cada pasajero transportado lo cual necesariamente provoca una competencia permanente por captar la mayor cantidad posible de personas. Esta verdadera lucha por captar pasajeros provoca una condición de indisciplina en las calles con la consiguiente inseguridad para los ciudadanos en general.

Este problema del transporte público de Santiago, se repite, con variaciones locales, en muchas de las ciudades Latinoamericanas, incrementando la ocurrencia de accidentes viales tanto urbanos como suburbanos. Según las estadísticas de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile (CONASET) en aproximadamente un 22% de los accidentes viales está involucrado un bus de la locomoción colectiva.

El objetivo del informe es contribuir al acervo de conocimientos sobre la seguridad vial. Se pretende favorecer y fomentar una mayor cooperación, innovación y compromiso para prevenir los choques en la vía pública en todo el mundo.

Los choques son predecibles y, por lo tanto, evitables. Sin embargo, para luchar contra el problema se necesita una estrecha coordinación y colaboración, y la aplicación de un enfoque global e integrado en muchos sectores y disciplinas.

Si bien existen muchas intervenciones que pueden salvar vidas y revertir la discapacidad, la voluntad y el compromiso políticos son esenciales, y sin ellos poco se puede conseguir. Es el momento de actuar. Los usuarios de la vía pública merecen una circulación vial mejor y más segura en todo el mundo.”²⁰

²⁰ Boletín de las Naciones Unidas CEPAL facilitación del comercio y el transporte en América Latina y el Caribe edición No. 218-oct. Del 2.004

CAPITULO VII

PROPUESTA DE NORMATIVIDAD TECNICA SOBRE SEGURIDAD VIAL

En los capítulos anteriores de esta Tesis de Grado se encuentran suficientes justificativos y fundamentos para llegar a una propuesta de normatividad técnica sobre la temática de seguridad vial, el impacto social de los accidentes de tránsito, con sus secuelas físicas y psicológicas, víctimas fatales, heridos, discapacitados y pérdidas económicas son una clara evidencia de que se trata de un problema que requiere urgente atención. Podría suceder que esta propuesta no llene totalmente las expectativas, pero, espero que con el aporte y la crítica constructiva de los involucrados en el quehacer de tránsito, de los profesionales del área de ingeniería de tránsito, del área legal, del área educativa, de la fiscalización (Policía Nacional), de instituciones relacionadas con el tema y de la academia (universidades) la propuesta se mejore, modifique o se complemente; para dar una respuesta eficiente y eficaz a la sociedad. “Una organización efectiva de gestión de la seguridad suele estar basada en los siguientes elementos:

- Una definición clara de los objetivos en cuanto a la reducción de accidentalidad o en cuanto al cambio de conductas;
- Una fuerte implicación de las instituciones públicas y privadas, y de los ciudadanos en general
- Una asignación clara de responsabilidades a todas las partes e instituciones implicadas”²¹

Un accidente de tránsito es el resultado de la interacción de una serie de factores y causas relacionadas con los usuarios, esto es conductores y peatones; las vías; el vehículo; el tráfico y las condicionantes de la naturaleza (hielo, neblina, granizo, lluvia). De lo anteriormente anotado se deriva el objeto de establecer normas que optimicen las acciones que tienen que realizar, desde distintos enfoques, los encargados de un sistema de vías, para mejorar la circulación, disminuir el número y severidad de los accidentes.

²¹ José M. Pardillo Mayora, Dr. Ing.de Caminos, Canales y Puertos

El ámbito de acción de la gestión de seguridad vial, básicamente se refiere a cuatro fases:

1. Fase de planificación de acciones que permitan mejorar la seguridad vial en la red existente

- establecimiento de una base de datos sobre los accidentes y sus causas
- procesamiento estadístico de la información para identificación de puntos críticos
- análisis técnico de las causas
- definición de las actuaciones de seguridad
- diseño de estas actuaciones preventivas
- determinación de prioridades para el desarrollo de las actuaciones e implementación de soluciones

El establecimiento de una base de datos debe realizarse de una manera técnica y con personal especializado, que comprenda que datos necesita y para que los va utilizar, se sugiere tomar, con el siguiente formato tomado de: *GUIAS PARA LA SEGURIDAD VIAL, Instituto Vías y Transporte del REINO UNIDO; Edición Internacional, Pág. 15:*

TABLA 4.2 FACTORES IMPORTANTES DE ACCIDENTES PARA BASE DE DATOS

DESCRIPCIÓN BASICA DEL ACCIDENTE:
<ul style="list-style-type: none"> • REFERENCIA • SEVERIDAD DEL ACCIDENTE • NUMERO DE VEHÍCULOS ENVUELTOS • NUMERO DE VICTIMAS • FECHA Y HORA • LUGAR <ul style="list-style-type: none"> • CODIGO DIGITAL • DESCRIPCIÓN ESCRITA • FACTORES DE CONTRIBUCIÓN SI SON SUMINISTRADOS POR LA POLICIA • MANIOBRAS Y MOVIMIENTOS – CODIGO PICTÓRICO (SI ES POSIBLE).
TIPOS DE VÍA
<ul style="list-style-type: none"> • CLASE DE VÍA Y NÚMERO • TIPO DE CALZADA Y CARRILES • LIMITE DE VELOCIDAD • TIPO DE INTERSECCIÓN Y CONTROL
CARACTERÍSTICAS MEDIO AMBIENTALES

<ul style="list-style-type: none"> • CONDICIONES DE LUZ • CLIMA • CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE • CONDICIONES ESPECIALES • PELIGROS EN LA CALZADA • CARACTERÍSTICAS VEHICULARES • TIPO • LOCALIZACIÓN VEHICULAR • LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN • PATINAJE • OBJETO GOLPEADO
CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR
<ul style="list-style-type: none"> • EDAD Y SEXO • RESULTADO DE PRUEBA DEL ALIENTO (SI ES TOMADO) • CUALQUIER CONDUCTOR O VEHÍCULO DEJADO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE
DETALLE DE VICTIMAS
<ul style="list-style-type: none"> • TIPO DE USUARIO VIAL • EDAD Y SEXO • SEVERIDAD DE LAS HERIDAS • POSICIÓN DEL PEATÓN • MOVIMIENTO DEL PEATÓN • ALUMNO DE ESCUELA
CARACTERÍSTICAS VIALES
<ul style="list-style-type: none"> • GEOMETRÍA – CURVATURA, ANCHO, INTERSECCIONES • SUPERFICIE – TIPO Y TEXTURA • AYUDAS FÍSICAS - ALUMBRADO, SEÑALES Y MARCACIONES • LIMITES DE VELOCIDAD • OBSTÁCULOS AL COSTADO DE LAS VIAS <ul style="list-style-type: none"> ○ POSTES, ○ ÁRBOLES ○ VALLAS DE SEGURIDAD ○ MOBILIARIO VIAL, ETC. <p>USO DEL SUELO ADYACENTE</p>
CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO – RELACIONADO A LA HORA Y LUGAR
<ul style="list-style-type: none"> • FLUJO – POR DIRECCIÓN Y POR CLASE DE USUARIO VIAL, INCLUYENDO FLUJO PEATONAL. • COMPOSICIÓN • VELOCIDAD

- APERTURAS
- ATRASOS

2. Fase de ejecución de los proyectos para mejorar la seguridad

En esta fase corresponde la implementación de las medidas de seguridad vial, dentro de ella esta el proyecto, su construcción y la fiscalización para exigir el cumplimiento de especificaciones técnicas y la calidad de las obras.

3. Evaluación de los resultados en relación con los proyectos ejecutados

En esta fase es importante determinar el efecto de las medidas adoptadas, tomar nota de los índices de reducción de accidentes y si se ha dado la disminución de la gravedad de los mismos, con el fin de evaluar su eficacia y eficiencia, de tal manera que se pueda aprovechar como experiencias valiosas para futuras actuaciones.

4. fase de implementación de auditorias de seguridad vial

Una auditoria de seguridad puede ser definida como un análisis formal de proyectos viales implantados o que van a ser ejecutados, por parte de un auditor externo, independiente y calificado que examine la existencia o no de características de diseño que puedan definirse como riesgos reales o potenciales para la ocurrencia de accidentes. Una auditoria de seguridad busca básicamente:

- Determinar y minimizar el riesgo y la severidad de los accidentes de tránsito motivados por fallas del proyecto
- Minimizar la necesidad de obras complementarias o correctivas a un proyecto después de su construcción y puesta en operación
- Mejorar la práctica de la seguridad en los proyectos por parte de todos los involucrados en el planeamiento, proyecto, construcción, mantenimiento y operación de un sistema vial

En cuanto al procesamiento estadístico y análisis de la información es necesario que lo realicen técnicos especializados, al mando o bajo la orientación de ingenieros de tránsito. Posteriormente, luego de la recolección de datos en un periodo adecuado (meses, 1 año, dos años, o tres años), se realizará la determinación de prioridades y el diseño de las actuaciones preventivas y de seguridad.

En cuanto a la normatividad, estamos en capacidad de afirmar que de estudios y de estadísticas se desprende que el 75% de las causas de los accidentes tienen relación con

el ser humano. El 25% tienen que ver con la vía y el vehículo, la tendencia se mantiene en casi todos los años de estudio. Así mismo, al ser un accidente un evento multicausal, estas deben controlar o atacar los diferentes ámbitos y factores interactuantes dentro de la actividad del tránsito, a saber:

- La vía (Diseño geométrico, equipamiento, factores de clima)
- El vehículo (Inspecciones, relación Tasa Crecimiento Automotor vs. infraestructura, equipamiento, control de velocidades de circulación)
- El ser humano (Conductor o peatón, factor legal, implementación de servicios de emergencia, la difusión, educación, la fiscalización técnica y estricta)

NORMAS DE SEGURIDAD VIAL
TITULO I
DE LOS PRINCIPIOS GENERALES

CAPITULO I
FINALIDAD

El presente documento tiene como finalidad esencial establecer normas que optimicen las acciones que tienen que realizar, desde distintos enfoques, los encargados de un sistema de vías, para mejorar la circulación, disminuir el número y severidad de los accidentes de tránsito.

TITULO II
DE LOS FACTORES INVOLUCRADOS
CAPITULO I

De estudios y de estadísticas se desprende que el 75% de las causas de los accidentes tienen relación con el ser humano. El 25% tienen que ver con la vía y el vehículo, de estudios en Gran Bretaña, Francia y EE.UU. revelan que los defectos mecánicos son reconocidos como causas de accidentes, estadísticamente están entre el 3% al 7% y llegando a estar entre el 7% al 18% como factores determinantes o agravantes de la ocurrencia de accidentes; estos defectos tienen, principalmente, que ver con llantas lisas o en mal estado, frenos ineficientes, direcciones con “juego” excesivo, sistema de luces defectuoso, etc., la tendencia se mantiene en casi todos los años de estudio. Así mismo, al ser un accidente un evento multicausal, existiendo en nuestro país vías mal diseñadas y deficientes en señalización, usuarios con malos hábitos y deficiente educación vial, tomando en cuenta que los factores son acumulativos e interactúan *se tiene como resultado un escenario real sumamente peligroso y preocupante.*

De lo anteriormente anotado se desprende que las presentes normas deben controlar o atacar las deficiencias en los diferentes ámbitos y factores interactuantes dentro de la actividad del tránsito, a saber:

- La vía (Diseño geométrico, equipamiento, señalización, dispositivos de control, mantenimiento, factores de clima, obstrucciones)
- El vehículo (Inspecciones de seguridad, mantenimiento, edad, relación Tasa Crecimiento Automotor vs. infraestructura, equipamiento, control de velocidades)

- El ser humano (Conductor o peatón, cultura, educación, difusión, control y fiscalización, ingeniería vial, factor legal)

TITULO III

NORMATIVIDAD

CAPITULO I

DE LA VIA

NORMA 1.- Las normas contenidas en el presente Manual de Seguridad Vial y El Manual de Normas de Diseño Geométrico del Ministerio de Obras Públicas y Transporte serán de cumplimiento obligatorio, para proyectistas, constructores, fiscalizadores y recepcionistas de obra; así como para instituciones como Ministerios, Consejos Provinciales y Municipales.

NORMA 2.- La Ingeniería de Tránsito, además de tratar con factores físicos o técnicos, también tratará con los deseos y la conducta o cultura de conductores y peatones, o sea con el usuario.

NORMA 3.- Son partes constitutivas del diseño geométrico de una calle, o de una carretera, todos los recursos visibles de ella, que están influyendo en el diseño:

- El alineamiento vertical
- El alineamiento horizontal
- Diferentes elementos de la sección transversal
- La distancia de visibilidad tanto de parada como de rebase
- Las intersecciones

NORMA 4.- existe una relación muy íntima entre el proyecto de una vía, la capacidad y las limitaciones del usuario y del vehículo. Antes de iniciar el proyecto deberá preguntarse ¿Quién usará la vía y con que frecuencia?, cinco factores principales son los que nos darán las características de la vía, a fin de que brinde seguridad, eficiencia y economía al usuario, siendo estos:

- Volúmenes de tránsito
- Composición vehicular
- Velocidad
- El aspecto ecológico
- El paisaje agradable

NORMA 5.- Para la construcción de la superficie de rodamiento se utilizarán pavimentos claros (tendiendo a negros), para hacer mayor contraste con el medio circundante y ser más visibles en la noche.

NORMA 6.- La superficie de rodamiento debe ser uniforme de tal manera que ofrezca poca resistencia a la fricción y por lo tanto el agua superficial se elimine rápidamente.

NORMA 7.- La anchura de carril no debe ser menor a 3.50 m. y en tránsito mixto de alta velocidad no será menor de 3.65 m.

NORMA 8.- los carriles auxiliares, tales como carriles de aceleración y desaceleración en intersecciones o intercambiadores de tránsito, deben ser de igual ancho que los carriles de flujo, pero no menores de 3.05 m.

NORMA 9.- La pendiente transversal deberá tener un punto de altura máxima que corresponde al centro del camino, ya sea de dos carriles o de carriles múltiples, con circulación en ambos sentidos, a partir del cual corren pendientes descendentes hacia las orillas del camino, con el objeto de facilitar el drenaje del agua superficial. Cuando se trata de caminos divididos, cada uno de ellos puede ser tratado como si fuera un camino con doble sentido de tránsito.

NORMA 10.- La pendiente transversal tiene suma importancia sobre todo cuando el alineamiento horizontal de la vía esta formado por tangentes y curvas continuas. En este caso la pendiente transversal debe ser de tal manera que permita la circulación de los automotores a una velocidad determinada. Por lo tanto la pendiente transversal variará desde un mínimo que permita escurrir el agua superficial hacia las orillas y que corresponderá a alineamientos rectos, hasta un valor determinado, de acuerdo con las características geométricas de la curva. En el caso de la curva la pendiente transversal tendrá una sola inclinación que permite contrarrestar la fuerza centrífuga de los vehículos.

La pendiente transversal variará desde un mínimo de 1.0% para pavimentos de excelente calidad, hasta un 2.0%.

NORMA 11.- El ancho de los espaldones, de acuerdo a volúmenes de tránsito y la velocidad de operación variará de 1.20 a 3.65m. y además tendrán la misma superficie de rodamiento que los carriles de circulación.

NORMA 12.- Cuando el volumen horario de la vía exceda de 100 vehículos, se construirán espaldones proporcionales de 2.45 a 3.65m.

NORMA 13.- Como esta probado que es inevitable que algún vehículo se salga del camino, los lados de este deben acondicionarse para reducir al mínimo las

consecuencias de un posible accidente. Aspecto que debe tomarse en cuenta desde el proyecto. Algunos posibles peligros al costado del camino son de origen artificial, impuestos por el hombre, tales como vallas de seguridad, postes de señales y de alumbrado público y la forestación ornamental. Es recomendable el uso de defensas para reducir la frecuencia y la gravedad de estos accidentes, las cuales deben estar bien proyectadas para no convertirse en obstáculos adicionales.

NORMA 14.- Los programas de mejoramiento deben tender a eliminar peligros tales como: postes, árboles, estructuras, parapetos, soportes masivos de señales, otros obstáculos. Cuando no sea posible esta eliminación, debe buscarse la forma de instalar defensas u otro tipo de protección para disminuir el riesgo.

NORMA 15.- El ancho de la calzada de la estructura de un puente debe ser igual o mayor al menos en 1.50m. que el ancho de la calzada de acceso.

NORMA 16.- Los diseñadores y constructores establecerán las velocidades máximas para pasar por una curva mediante la fórmula:

Sistema Británico	$e + f = V^2 (\text{MPH}) / 15R$ (pies)
Sistema Métrico	$e + f = V^2 (\text{MPH}) / 12R$ (metros)
Donde	e = Relación de peralte (pies/pies)
	f = Factor de fricción lateral
	V = Velocidad del vehículo
	R = Radio de la curva

Una vez definida la velocidad se realizará la señalización vertical correspondiente y se colocará técnicamente de tal manera que sirva como parámetro de conducción.

NORMA 17.- “Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h.

Para utilizar los valores máximos del peralte deben tenerse en cuanto los siguientes criterios para evitar:

- Un rápido deterioro de la superficie de la calzada en caminos de tierra, subbase, por consecuencia del flujo de aguas de lluvia sobre ellas.
- Una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente los pesados.

- El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.”²²

NORMA 18.- Tanto en los proyectos viales a implantarse como en los implantados , para el cumplimiento de especificaciones técnicas, normas de diseño geométrico, correcciones, será requisito de cumplimiento obligatorio una *Auditoria Técnica Especializada de Seguridad Vial*; concepto que se define como un análisis formal, desde el punto de vista de la seguridad vial, en la cual un auditor independiente y calificado examinará los riesgos potenciales de accidentes y verificará el cumplimiento de normas de seguridad.

NORMA 19.- Con el fin de aumentar la visibilidad diurna y nocturna las barreras o defensas de seguridad deberán estar pintadas con un esmalte brillante y contener adhesivos reflectivos que orienten el tránsito.

NORMA 20.- Con la finalidad de establecer sitios seguros y cómodos, en autopistas y carreteras con un TPDA mayor a 3.000 (tres mil vehículos) se diseñarán y construirán paradas temporales y de descanso cada 25 kilómetros, y tendrán la capacidad para albergar por lo menos un vehículo tipo trailer.

NORMA 21.- La señalización y marcación de vías tendrá las siguientes características básicas:

- Excelente visibilidad
- Será particular y eficaz
- Clara
- Simple
- De fácil comprensión

NORMA 22.- La señalización horizontal, vertical y el mantenimiento de las vías serán constantes, adecuados y oportunos.

NORMA 23.- Tanto para las entidades encargadas de la señalización, como constructores, fiscalizadores y comisiones de recepción de obras será obligatorio pintar o exigir que se pinte las rayas de división de carriles y las rayas laterales que delimitan la superficie de rodadura y orientan un tráfico más seguro.

²² Normas de Diseño Geométrico 2003 (MOP)

NORMA 24.- El bordillo de la estructura de los redondeles será resaltado con pintura, y/o cerámicas reflectivas con la finalidad de advertir sobre su existencia.

NORMA 25.- En la implementación de dispositivos de control tal como semáforos, se evitará o eliminará obstáculos que dificulten su visibilidad y preferentemente se considerará brazos que ubiquen al dispositivo en una ubicación previligiada para su visualización, por parte de los conductores.

NORMA 26.- En las carreteras R-I o R-II con TPDA mayor a 8.000 y tipo I TPDA de 3.000 a 8.000 se restringirán al máximo los giros en “U” y en el caso de que sean imprescindibles se implementarán por lo menos a una distancia mínima de 200m desde donde empalma el ramal de acceso vehicular a la vía. Así mismo se proveerá zonas de aceleración y desaceleración.

NORMA 27- El ancho mínimo de calzada, en los puentes será mayor o igual a 6.70m.

NORMA 28- No se diseñarán vías con menor número de curvas por kilómetro de un rango de 3.2 a 4.3.

NORMA 29- Mientras más aisladas sean las curvas mayor deberá ser su radio de curvatura y por lo tanto de menor grado de curvatura a 1° con 68 minutos.

NORMA 30- Las autopistas o vías rápidas, tal como la que conduce de Quito al valle de los Chillos (Autopista General Rumiñahui), deben contar con espaldones de las siguientes dimensiones: interiores igual o mayor a 1.20m., exterior de 3m, en ambos sentidos, tomando en cuenta que existe circulación de buses de servicio de pasajeros y se hace difícil puntualizar paradas y controlar su cumplimiento.

NORMA 31- Los postes de luz, árboles, estructuras de puentes a desnivel carrozables o peatonales deben tener su pie de contacto con el suelo a una distancia mayor de 1.80m. del límite de la calzada.

NORMA 32.- Cuando se realicen obras de mantenimiento o rediseño de la vía se cumplirán las siguientes medidas preventivas:

- Se implementarán señales preventivas, tales como vallas, conos, triángulos, cintas aislantes y reflectivas; a una distancia mayor de 120m. desde el sitio de los trabajos hacia el potencial vehículo que se acerca, en los dos sentidos.
- Todos los obreros o personas que permanezcan en obra utilizarán chalecos reflectivos
- La maquinaria, a la suspensión de los trabajos, quedará por lo menos a una distancia de 1.80m. del límite de la calzada y contendrán adhesivos reflectivos.

- Mediante señales luminosas (cinta reflectiva, postes, fantasmas, etc.) se determinará los límites laterales de la vía en condiciones de soportar el tráfico vehicular.

En caso de no cumplirse la Policía Nacional o la autoridad vial procederá a la suspensión de los trabajos.

NORMA 33.- Los cruces de ferrocarril, intersecciones, callejones, puentes, plazas, rotondas (redondeles), vías elevadas y subterráneas, pasos interiores, túneles, curvas, crestas, zonas de estacionamiento, calles con gran forestación, deben tener un nivel de iluminación mayor que el resto de la vía.

NORMA 34.- La iluminación de cualquier intersección rural se justifica y será obligatoria, si se cumple lo siguiente (Departamento de Carreteras de Washington):

- a) Si existen barreras físicas para desviar o canalizar el tránsito.
- b) Si la intersección esta semaforizada y si dichos semáforos funcionan de noche
- c) Cuando existe considerable número de movimientos direccionales
- d) Cuando la intersección esta ubicada en un área donde existan establecimientos públicos
- e) En los accesos de carreteras a lugares de atracción nocturna, tales como estadios, coliseos, etc.

NORMA 35.- En las curvas y cuestas las unidades de iluminación deben colocarse en el exterior de las curvas horizontales, a fin de que la reflexión de la luz entre la lámpara y los ojos de los conductores se realice sobre el pavimento.

NORMA 36.- Todas las entidades que implanten proyectos viales, ya sean Ministerios, Municipios, Prefecturas y concesionarias, con una ubicación estratégica, tienen la obligación de implementar servicios complementarios tal como:

1. Servicios de socorro, ambulancia y paramédicos
2. Patrullaje policial
3. Auxilio mecánico y wincha

NORMA 37.- Las vías deben contener el señalamiento del kilometraje con décimas o centésimas de km.

NORMA 38.- En los puentes se instalaran barreras de defensas de 27m. que crucen el espaldon suavemente del lado derecho de cada lado de los accesos del puente.

NORMA 39.- La distancia de visibilidad nunca debe ser menor que la distancia de visibilidad de parada mínima. Entendiéndose como distancia de visibilidad de parada la compuesta por:

1. d_1 = La distancia recorrida por el vehículo cuando el conductor ve un objeto que se interpone en su camino y coloca el pie en el pedal del freno (percepción y reacción)
2. d_2 = La distancia requerida para detener el vehículo desde el instante en que fueron aplicados los frenos.

$$DV = d_1 + d_2$$

$$d_1 = \text{percepción} + \text{reacción}$$

$$d_2 = \text{distancia de frenado}$$

CAPITULO II

DEL VEHÍCULO

NORMA 40.- En general, ningún vehículo podrá circular sin sus respectivas placas de identificación, las autoridades de control podrán ordenar su retiro de circulación, las excepciones estarán contempladas en el respectivo reglamento.

NORMA 41.- Las motocicletas circularan con su respectiva placa de identificación, podrán transportar un máximo de dos pasajeros, para cuyo efecto estarán equipados con casco y chaleco reflectivo que tendrá impreso en números grandes y visibles el número de placa. Las autoridades de control podrán impedir su circulación en caso de incumplimiento.

NORMA 42.- Los vehículos escolares, para su completa identificación estarán pintados de color amarillo y negro, estarán equipados con refuerzos interiores, con estructura tubular de hierro y con cinturón de seguridad para todos los pasajeros. Caso contrario serán retirados de circulación.

NORMA 43.- Por principio general la velocidad de un vehículo estará en relación con la vía, vehículo, carga, condiciones atmosféricas, intensidad del tránsito y límites establecidos.

NORMA 44.- La ley de tránsito establecerá las velocidades máximas permitidas, distinguiendo por tipo de vehículos y previendo velocidades diferenciadas para vías del sector urbano y carreteras; en el sector rural serán, por lo general, superiores.

NORMA 45.- La velocidad mínima continua será la mitad de la máxima permitida, la infracción se agravará si el vehículo no transita por la derecha de la vía.

NORMA 46.- La Policía Nacional encargada de la fiscalización del tránsito tiene la obligación de realizar controles técnicos respecto a los límites de velocidad, ya que una inadecuada relación de la velocidad con las condiciones de la vía es causa de gran parte de los accidentes y aumenta los riesgos y la severidad de los mismos.

NORMA 47.- Las inspecciones vehiculares se basan en los siguientes principios:

1. La inspección vehicular anual o periódica es obligatoria para todos los vehículos a partir del siguiente año de su producción o ingreso en la circulación del parque automotor que ocupa las vías del país.
2. El Ministerio de Transporte regulará la implementación de las inspecciones y de los puestos de inspección vehicular, sin permitir el monopolio o exclusividad

privada o estatal sino más bien basado en la eficiencia y con precios regulados. La acción fiscalizadora se reserva el estado.

3. La inspección de seguridad vehicular tiene por objetivo esencial comprobar que el vehículo esta en condiciones técnicas de seguridad para que pueda transitar por las vías públicas sin ofrecer riesgos a sus ocupantes y transeúntes y además cumplan con las exigencias de la legislación ecuatoriana, para su circulación.
4. Previamente a iniciar la inspección del vehículo se procederá a verificar que su placa, marca, modelo, numero de chasis y motor correspondan con los datos constantes en su documento de matricula.
5. La inspección de seguridad vehicular se realizará sin desmontar partes o componentes del vehículo.
6. El tiempo para realizar cada inspección estará comprendido entre 20 a 25 minutos
7. En el puesto de inspección se emitirá un certificado de inspección que contendrá, básicamente datos del vehículo y un listado de lo inspeccionado y sus resultados, lo cual se archivará y realizará en forma automática por medio de un Terminal de computador.
8. Los vehículos reprobados recibirán un enlistado de las deficiencias para que sean reparadas
9. no se permitirá que los puestos de inspección vendan o comercialicen repuestos ni partes automotrices.
10. El puesto de inspección tiene la obligación de llevar una base de datos de los vehículos inspeccionados, los aprobados o reprobados.

NORMA 48.- El equipamiento básico para los puestos de inspección será:

Equipo fijo:

- Dinamómetro de frenos
- Banco de test de suspensión
- Elevador
- Detector de fugas
- Medidor de desalineamientos

Equipo móvil:

- Regloscopio (alineador de faros)
- Medidor de surcos de neumáticos

NORMA 49.- Básicamente se inspeccionará:

1. La identificación vehicular
2. Equipamiento obligatorio (Herramientas, triángulo de seguridad, botiquín, etc.)
3. Iluminación
4. Luces de señalización
5. Frenos
6. Dirección
7. Suspensión
8. Labrado de los neumáticos
9. Sistemas complementarios

CAPITULO III

DEL USUARIO

NORMA 50.- Con carácter obligatorio, el Ministerio de Educación, en coordinación con el Ministerio de Obras Públicas y Transporte insertará en los planes de estudio del ciclo preescolar, primario y secundario, la asignatura de Educación Vial, así como también se implementarán programas para adultos y gente de la tercera edad; con la finalidad de sensibilizar a la población sobre los derechos y obligaciones, así como también para crear conciencia sobre las consecuencias de la imprudencia en la conducción vehicular y actitudes riesgosas como peatones o pasajeros.

NORMA 51.- Es función obligatoria de las entidades que tienen que ver con el tránsito realizar campañas de difusión respecto a los riesgos de tránsito, de tal manera que se propicie la concienciación, la participación ciudadana y se impacte positivamente en su comportamiento.

NORMA 52.- Las autoridades de tránsito dentro de las medidas de seguridad y de sus programas de educación tomarán en cuenta la necesidad de discriminar los diferentes grupos vulnerables de peatones niños, adolescentes, adultos, tercera edad y peatones en estado de embriaguez; ya que su movilidad y capacidad de estimación de distancias y riesgos son diferentes.

NORMA 53.- Los medios de comunicación como prensa, radio, televisión y cines tienen la obligación legal y moral de dedicar espacios, en forma gratuita, para la difusión de educación vial.

NORMA 54.- La Policía Nacional mantendrá dentro de sus unidades de control técnicos preparados para la recolección de datos de accidentes de tránsito, anotándose que son formularios y datos más completos que los básicos de los reportes policiales, Éste formulario debe tener una forma combinada de datos concretos y descriptivos así por ejemplo:

1. Lugar
1. Fecha, con año, mes, día y hora
2. Croquis del accidente
3. Posición y dirección de todos los vehículos antes del accidente , inclusive los estacionados y parados temporalmente
4. Tipología general del accidente (colisión frontal, colisión lateral, colisión frontal posterior, colisión con objeto estacionado, colisión con un peatón)

5. describir que pretendían hacer los conductores o peatones inmediatamente antes del accidente (estacionarse, saliendo del garaje, girando en “U”, saliendo de la intersección a la principal, ingresando a la intersección, etc.)
6. Las condiciones climáticas (Lluvia, neblina, granizo, etc.), en el momento de accidente
7. Si existe, que tipo de control estuvo afectando a los vehículos involucrados (semáforo, Policía, Pare, etc.)
8. La gravedad del accidente (muertos, heridos, daños materiales leves o de consideración).

NORMA 55.- El ministerio de transporte, dentro de sus unidades técnicas mantendrá una, dedicada a recolectar datos de accidentes de tránsito y realizar estudios detallados y técnicos sobre esta materia para lo cual seguirá, por lo menos, los siguientes lineamientos:

1. Producirá u obtendrá un registro adecuado de los accidentes de tránsito
2. Seleccionará los lugares con alta frecuencia de accidentes
3. Priorizará tomando en cuenta la severidad
4. Preparará diagramas de conflicto para cada sitio seleccionado (situaciones al limite del accidente)
5. Realizará observaciones de campo en los lugares seleccionados y en las horas en que la mayoría de accidentes se han producido
6. Con el análisis de los datos recolectados y el diagrama de conflictos determinará tratamientos técnicos adecuados para eliminar o minimizar los riesgos
7. Periódicamente realizará evaluaciones y hará comparaciones de “antes y después”

NORMA 56.- El uso del cinturón de seguridad es obligatorio, el no acatar esta norma será considerada falta de segunda clase y su penalidad estará estipulada en la correspondiente ley.

NORMA 57.- Los menores de edad, infantes de hasta 10 años de edad viajarán en el asiento posterior del vehículo, usando su respectivo cinturón de seguridad.

NORMA 58.- Se prohíbe el transporte de menores de 5 años en motocicletas.

NORMA 59.- Se prohíbe el uso de celulares mientras se este conduciendo un vehículo, salvo que se utilice manos libres.

NORMA 60.- Se prohíbe conducir vehículos cuando se haya realizado ingesta de medicinas o drogas que causen somnolencia.

CAPITULO IV

DE LA CIRCULACION

NORMA 61.- Tanto las entidades públicas como las privadas que realicen obras de construcción, mantenimiento, instalación de servicios, etc., tienen la obligación de comunicar a la Policía encargada del control del tránsito, con la debida oportunidad, cuando se vayan a realizar trabajos en la vía, afín de organizar el tránsito y precautelar la seguridad.

NORMA 62.- Aún durante el día, cuando existan condiciones climáticas críticas (lluvia, neblina) se encenderán las luces medias.

NORMA 63.- En el sector rural, independientemente de las condiciones del clima, los vehículos circularán con las luces medias encendidas.

NORMA 64.- En ningún caso la velocidad en rotondas (redondeles) sobrepasará los 60 km./hora.

NORMA 65.- La Policía Nacional controlará que la carga de los vehículos sea transportada en condiciones de estabilidad y seguridad, para todos los usuarios de la red vial.

NORMA 66.- los dueños de los animales que causaren un accidente serán responsables por las consecuencias del mismo, si se comprueba que hubo negligencia y descuido en el control y cuidado de los mismos.

NORMA 67.- Las entidades seccionales, tales como Municipios y Prefecturas tienen la obligación de planificar y ejecutar obras viales con carriles para la circulación de ciclistas.

NORMA 68.- Los vehículos que transporten cargas peligrosas llevarán letreros que indiquen este particular y en lo posible deben evitar circular por sitios de aglomeración de personas (colegios, mercados, universidades, hospitales, etc.) y sectores residenciales.

NORMA 69.- Se prohíbe transportar pasajeros en el balde o platón de una camioneta.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Eduarte, E. Segura, M. 1999. Determinación de carbono utilizando la calorimetría. Revista de ciencias ambientales. 15:54-55.

Kanninen, M. 2001. Sistemas silbo pastoriles y almacenamiento de carbono: potencial para América Latina. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas silbo pastoriles para la generación de servicios ambientales. LEAD, CATIE, FAO.

Ovalle, H. 2004. Las carreteras y el desarrollo sustentable. (En línea). Consultado el 10 de septiembre del 2004. Disponible en: <http://web3.si.edu/smoc/criteria.html>

1. Estadísticas Anuales de la PNP - http://www.pnp.gob.pe/anuario/anuario_indice11.asp.

2. Navin, F (2005), PhD, D.Sc (Mon); P.Eng. Proffesor Emeritus Civil Engineering, UBC.-

President, SYNETICS Road Safety Research Corporations/ Vancouver Canada
“Collision guide analysis”.

3. Zeeger, C.V, and Deen, R.C (1977). “Identification of hazardous locations on city streets”,
traffic Quarterly 31, pp 549-570.

4. Sayed, T. (1996). “How to measure Safety”. Department of Civil Engineering.
University of
British Columbia Vancouver, B.C., V6T 1Z4, pag 4.

5. Nordon, M., Orlandsky, J., and Jacobs, H., (1956) “Applications of statistical quality control
techniques to analysis of highway accident data”, Bulletin 117, Highway Research
Board,
National Research Council, Washington, D.C., pp. 17-31.

6. Oppe, S., (1982). “Detection and analysis of black spots with even small accident
figures”. R82-
15, SWOV, Leidschendam, The Netherlands.

7. Oppe, S., (1992). “A comparison of some statistical techniques for road accident
analysis”.
Accident Analysis and Prevention, 24(4), pp. 397-423.

8. Abdelwahad, W. an Sayed, T. (1993) "Some observations on the use of accident rates in the identification of accident prone locations", Internal Report, Highway Safety Branch, Ministry of Transportation and Highway, British Columbia, Canada.
9. Nicholson, A, J (1980). "Identification of hazardous locations" PRU Newsletter N° 66, Ministry of Transport, New Zealand.
10. Canavos, J (1988), "Probabilidad y Estadística", Capítulo 8.5, pp. 285-287.
11. Calvin, T.M., (1990). "Bayesian analysis", in Handbook of Statical Methods for Engineers and Scientists, Wadsworth H, Editor, Mcgraw-Hill

Ing. Rafael F. Feria Torres¹, Ing. Jorge Timana Rojas²

- 1). Programa Académico de Ingeniera Civil de la Universidad de Piura.
rferia@udep.edu.pe
- 2). Programa Académico de Ingeniera Civil de la Universidad de Piura.
jtimana@udep.edu.pe

1. Ing. Rafael F. Feria Torres UDEP (2001). Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura, "Técnicas de análisis de accidentes de tránsito con aplicación a la ciudad de Piura".
2. Municipalidad Provincial de Piura (2000). "Plan Regulador de Rutas de Piura y Castilla".
3. Higle, J.L., Witkowsky, J.M. ."Bayesian Identification of Hazardous Location". Transportation Research Record 11185, Transportation Research Boar, National Research Council, Washington, D.C., pp 24-36.
4. Abdelwahad, W. an Sayed, T. (1993) "Some observations on the use of accident rates in the identification of accident prone locations", Internal Report, Highway Safety Branch, Ministry of Transportation and Highway, British Columbia, Canada.

5. Gazis, Denos, Robert Herman, and Alexei Maradunin, "The Problem of the Amber Signal in Traffic Flow" Operations Research, (1960).
6. Dr. Francis Navín (1993) "The Science, Engineering and Practice of Land Transport", Department of Civil Engineering de la University of British Columbia – Vancouver, BC:, Canadá
7. Zeeger, C.V, and Deen, R.C (1977). "Identification of hazardous locations on city streets", traffic Quarterly 31, pp 549-570.
8. Oppe, S., (1982). "Detection and analysis of black spots with even small accident figures". R82-15. SWOV, Leidschendam, The Netherlands.
9. Oppe, S., (1992). "A comparison of some statistical techniques for road accident analysis". Accident Analysis and Prevention, 24(4), pp. 397-423.
10. Nordon, M., Orlandsky, J., and Jacobs, H., (1956) "Applications of statistical quality control techniques to analysis of highway accident data", Bulletin 117, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D,C., pp. 17-31.
11. Canavos, J (1988), "Probabilidad y Estadística", Capítulo 8.5, pp. 285-287.
12. Calvin, T.M., (1990). "Bayesian analysis", in Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists, Wadsworth H, Editor, Mcgraw-Hill
13. Morin, D.A.(1967) "Application of statistical concepts to accident data". Highway Research Record 187, HRB, National Research Council, Washington, D.C., pp 72-79.
14. Higle, J.L., Witkowsky, J.M. ."Bayesian Identification of Hazardous Location". Transportation Research Record 11185, Transportation Research Boar, National Research Council, Washington, D.C., pp 24-36.

15. Ing. Rafael F. Feria Torres UDEP (2001). Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura, “Técnicas de análisis de accidentes de tránsito con aplicación a la ciudad de Piura”.
16. Ing. Rafael F. Feria Torres UDEP (2000-2001). Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura, “Técnicas de análisis de accidentes de tránsito con aplicación a la ciudad de Piura”.
17. Feria. R, Timaná J. (2001). “Influencia de las zonas de dilema en la generación de accidentes de tránsito en intersecciones semaforizadas de la ciudad de Piura”.
18. Gazis, Denos, Robert Herman, and Alexei Maradunin, (1960)., “The Problem of the Amber Signal in Traffic Flow” Operations Research.
19. Dr. Francis Navín (1993) “The Science, Engineering and Practice of Land Transport”, Department of Civil Engineering de la University of British Columbia – Vancouver, BC:, Canada.
20. OTyCV-MPP. (2004-2005) “Informe Final del Proyecto de Actualización del Plan Regulador de Rutas”, Elaborado por la Oficina de Transportes de la Municipalidad Provincial de Piura.
21. Cal y Mayor. 7 edición (1995) “Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones” Capitulo Trece. Semáforos pp. 385-433
22. UDEP- F. Navín (1994). “Estudio de Transportes de la ciudad de Piura y Castilla”.
23. Higle, J.L., Witkowsky, J.M. .”Bayesian Identification of Hazardous Location”. Transportation Research Record 11185, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp 24-36.
24. Municipalidad Provincial de Piura (2000). “Plan Regulador de Rutas de Piura y Castilla”.
25. Obra “Ampliación de la red semafórica, con adaptación a la Ola verde en la ciudad de Piura” MPP Octubre 2003 - Abril 2004, con un presupuesto aproximado de S/ 179,000.00 Nuevos Soles
26. Municipalidad Provincial de Piura (2004). Expediente Técnico del proyecto de “Semaforización del Distrito de Piura”, Elaborado por la Ing. Rocío Gamarra Castañeda para la División de Estudios de Proyectos
27. Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras Aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicación con **R.M. N 210-2000-MTC/15.02** del 3 de Mayo del 2000.

28. Ing. Tarek Sayed, tesis Doctoral (1993), Universidad de British Columbia. Vancouver Canadá. Aplicación del método del patrón de accidentes. Pag. 314-322.

29. Roess R.P., Prassas E.S., McShane W.R, (2004). Traffic Engineering Third Edition. Chapter 8. Volume Studies and Characteristic Pag. 159-202.

Jorge Luís Donayre Ordinola:

Ingeniero Civil, Estudios de Maestría en Ingeniería Vial por Universidad de Piura - UDEP;

Especialista del PROVIAS NACIONAL donayre.jorge@gmail.com

29.- Hernán de Solminihaq T. “Gestión de la Infraestructura Vial”. Universidad Católica de Chile. Textos Universitarios, Facultad de Ingeniería. Segunda edición ampliada, julio 2001.

30.- Las alturas que hay que cruzar para llegar a estas ciudades varían entre los 4,000 y los 4,800 snm.

31.- Estas dificultades también deben ser enfrentadas por Chile y Argentina, pero en menor medida ya que para aquellos la cordillera de los Andes es parte de su frontera y es cruzada expresamente para pasar de un país a otro. Mientras que en países como Perú, Bolivia y Ecuador, la cordillera de los Andes es parte intrínseca de su territorio, dividiendo geográficamente al país en regiones muy bien definidas.

32.- Este “Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito”, puede encontrarse en texto completo en

http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world_report/es/

33.- SÍNTOMAS DEL MAL DE ALTURA: Suele presentarse en forma de vértigos, dolores de cabeza, dificultad en la respiración, hipertensión, náuseas y cianosis (coloración azulada de la piel). Por otro lado, *el apnea del sueño* en países como España, según información de la Policía de Carreteras de estos países es el causante del 25% de los accidentes.

34.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC) de Perú, a través de La Dirección General de Caminos, teniendo en cuenta las condiciones actuales del sistema vial del país, ha promovido la actualización de la normativa vigente, para lo cual ha preparado el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001). Ver

http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001%20corregido-ok/INDEX.HTM.

35.- Muchas veces en nuestros países podemos caer en la tentación de creer que esta es sólo una tarea del Estado. Esto no es cierto: es un problema que atañe a la sociedad en su conjunto. Este concepto ha sido abordado ampliamente por la Organización Mundial de la Salud.

36.- Mención especial merece el diario *El Comercio* de Lima en Perú, quien es el que mejor ha tratado la información relacionada con los accidentes de tránsito

<http://www.elcomercio.com.pe/ediciononline/onlineindex.html>

37.- A modo referencial podemos citar a la *Universidad de Piura*

<http://www.ing.udep.edu.pe/civil/vial/>), el Centro de Peritaje del *Colegio de Ingenieros de Lima* (www.ciplima.org.pe), la *Pontificia Universidad Católica* de Perú, o la *Universidad Técnica de Loja* en Ecuador (<http://www.utpl.edu.ec/>), quienes – según me parece - han hecho estudios al respecto y tienen los investigadores apropiados para ello.

38.- Jacobs G, Aaron-Thomas A, Astrop A. *Estimating Global Road Fatalities*. London: Transport Research Laboratory, 2000, (TRL report 445).

39.- Jacobs G, Aaron-Thomas A, Astrop A. *Estimating Global Road Fatalities*. London: Transport Research Laboratory, 2000, (TRL report 445).

40.- En la presente opinión, considero que el Gobierno actual, el Ministerio de Transportes y el Ministerio de Salud, han logrado dar dispositivos para disminuir la tasa de accidentes en forma sustantiva especialmente en el presente año.

41.- Para conocer más los esfuerzos colombianos por reducir su accidentabilidad recomendamos ver el **Fondo de Prevención Vial Nacional de Colombia** en www.fonprevial.org.co

- Hacia una interpretación del fenómeno de los accidentes de Tránsito, Ing. Mario Arce, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de costa Rica.
- Una fisonomía de la Ingeniería de tránsito, Leonardo Lazo Margáin, Gilberto Sánchez Ángeles, Pág.38
- Una fisonomía de la Ingeniería de tránsito, Lazo Margáin – Sánchez Ángeles, Pág. 47
- Ministerio de Obras Públicas y C. Acuerdo 001 del 12 de enero del 2001
- Normas de Diseño Geométrico 2003 (MOP)
- Fundamentos de Ingeniería de Ingeniería de Tránsito, del Dpto. de Entrenamiento de Transporte del Servicio de Extensión de Ingeniería de Texas, Pág.5 – 14

- Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito, Leonardo Iazo y Gilberto Sánchez A., Pág. 67
- Guías para la Seguridad Vial Prevención y reducción de Accidentes, del Reino Unido
- Pág. 15 Costos de accidentes de tránsito 1991 del ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.
- Boletín de las Naciones Unidas CEPAL facilitación del comercio y el transporte en América Latina y el Caribe edición No. 218-oct. Del 2.004
- José M. Pardillo Mayora, Dr. Ing.de Caminos, Canales y Puertos