

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE ONDAS DE INFRAGRAVEDAD EN EL INTERIOR DEL PUERTO DE MANZANILLO

Introducción

El oleaje al propagarse desde aguas profundas hacia la costa atraviesa diversos procesos físicos que modifican las características del frente de onda del oleaje. En este punto, parte de la energía del oleaje será reflejada y otra parte de esa energía puede ser transformada en movimiento de arena y al tratarse de una estructura, dicha energía del oleaje será disipada y otra posiblemente transmitida a través de dicha estructura.

Al hablar de oleaje en el interior de un Puerto es común encontrarse con oscilaciones de baja frecuencia llamados seiches, ondas que de acuerdo a su periodo son clasificadas como ondas de infragravedad. Estas oscilaciones pueden ser generadas por la interacción del oleaje de corto periodo, que al agrupar su energía van dando paso a la formación de este tipo de ondas. Los seiches se forman y toman mayor intensidad en los momentos en los que se presentan los pleamares. Estas oscilaciones de baja frecuencia representan un problema para la operación de un puerto ya que impide la maniobrabilidad y la carga y descarga de mercancías cuando las embarcaciones se encuentran atracadas en los muelles. Otros de los efectos de estas ondas es la generación de fuertes corrientes en las dársenas portuarias, pudiendo ocasionar daños en las instalaciones de los puertos.

Para conocer el comportamiento hidrodinámico de alguna estructura o configuración geométrica de algún puerto, es necesario estimar las

condiciones del oleaje en la zona de interés. Por esta razón es que a lo largo de la historia se han desarrollado diversos esfuerzos para modelar numéricamente los modos propagantes del oleaje contando hoy en día, con una variedad de programas, los cuales continúan mejorándose hasta llegar a modelos muy robustos que son capaces de reproducir de manera precisa los factores que intervienen en el proceso, ofreciendo una herramienta para la propagación del oleaje.

En este trabajo se estimaron las características del oleaje en el interior del Puerto de Manzanillo, Col., México debido a que se ha detectado la presencia de ondas de infragravedad que afectan la operación de las embarcaciones en el interior de dicho Puerto. Para ello, se utiliza un modelo tipo Boussinesq del software comercial MIKE 21 BW (DHI, 2005). Para validar la precisión de las estimaciones realizadas con

CONTENIDO

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE ONDAS DE INFRAGRAVEDAD EN EL INTERIOR DEL PUERTO DE MANZANILLO	1
EL AUTOTRANSPORTE DE CARGA Y LA SEGURIDAD VIAL	6
GLOSARIO	17
PROYECTOS EN MARCHA	17
PUBLICACIÓN	18
EVENTOS ACADÉMICOS	19

el modelo numérico, los resultados obtenidos se comparan con mediciones realizadas por equipos que fueron instalados en el sitio por el Instituto Mexicano del Transporte.

Modelo Numérico

El modelo del software MIKE 21 BW del Danish Hydraulic Institute resuelve las ecuaciones tipo Boussinesq discretizadas con diferencias finitas en una malla regular rectangular (MIKE by DHI, 2005). Este modelo en dos dimensiones horizontales es expresado en términos de la superficie libre ξ , y de las funciones de velocidad P y Q integradas en la profundidad (Madsen, 1997). El modelo considera las ecuaciones de continuidad y de momentum en las direcciones X, Y:

$$n \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$n \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{P^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{PQ}{h} \right) + \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} + n^2 gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + n^2 P \left[\alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} \right] + \frac{gP\sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 + C^2} + n\Psi_1 = 0 \tag{2}$$

$$n \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{PQ}{h} \right) + \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} + n^2 gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + n^2 Q \left[\alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} \right] + \frac{gQ\sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 + C^2} + n\Psi_2 = 0 \tag{3}$$

Donde los términos de dispersión son definidos como:

$$\Psi_1 \equiv - \left(B + \frac{1}{3} \right) d^2 (P_{xxt} + Q_{xyt}) - nBgd^3 (\xi_{xxx} + \xi_{xyy}) - dd_x \left(\frac{1}{3} P_{xt} + \frac{1}{6} Q_{yt} + nBgd(2\xi_{xx} + \xi_{yy}) \right) - dd_y \left(\frac{1}{6} Q_{xt} + nBgd\xi_{xy} \right) \tag{4}$$

$$\Psi_2 \equiv - \left(B + \frac{1}{3} \right) d^2 (Q_{yyt} + P_{xyt}) - nBgd^3 (\xi_{yyy} + \xi_{xxy}) - dd_y \left(\frac{1}{3} Q_{yt} + \frac{1}{6} P_{xt} + nBgd(2\xi_{yy} + \xi_{xx}) \right) - dd_x \left(\frac{1}{6} P_{yt} + nBgd\xi_{xy} \right) \tag{5}$$

“x”, “y” y “t” representan las derivadas parciales con respecto al espacio y al tiempo respectivamente.

B: factor de dispersión

Fx y Fy: esfuerzo horizontal en x e y

h: profundidad total

n: porosidad

Los esfuerzos horizontales se definen usando la relación de un gradiente de esfuerzos de acuerdo a la siguiente forma:

$$F_x = - \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_1 \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_1 \left(\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial Q}{\partial x} \right) \right) \right) \tag{6}$$

$$F_y = - \left(\frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_1 \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_1 \left(\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} \right) \right) \right) \tag{7}$$

Donde ν_1 es la viscosidad horizontal de Eddy. Los términos R_{xx} , R_{xy} y R_{yy} representan el momento excedente originado por la distribución no uniforme debida a la presencia de las oscilaciones y son definidas como:

$$(R_{xx}, R_{xy}, R_{yy}) \equiv \frac{\delta}{1 - \delta} \left(\left(c_x - \frac{P}{d} \right)^2, \left(c_x - \frac{P}{d} \right) \left(c_y - \frac{Q}{d} \right), \left(c_y - \frac{Q}{d} \right)^2 \right) \tag{8}$$

El Puerto de Manzanillo

El Puerto de Manzanillo es un puerto multimodal que es orientado principalmente a la actividad comercial. Se encuentra enclavado en la bahía de Santiago sobre el Océano Pacífico en el estado de Colima, en las coordenadas geográficas 19° 03.45' latitud norte y 104° 18.08' longitud oeste.

En este Puerto se ha detectado la presencia de ondas de baja frecuencia observando dificultades en la maniobrabilidad de las embarcaciones y esfuerzos en los amarres de las embarcaciones atracadas en el muelle fiscal de dicho Puerto.

Para este trabajo el estado de mar que se simuló, se definió utilizando la base de datos

que se ha generado con una boya direccional medidora de oleaje propiedad del IMT que forma parte de una Red que este Instituto ha instrumentado a lo largo de los litorales nacionales.

los 200°, con alturas de ola significativa que variaron de 0.50m hasta 2.7m, con periodos asociados que oscilaron entre los 5s a los 23s.



Figura 1
Boya direccional medidora de oleaje

El equipo fue instalado en la zona exterior del Puerto de Manzanillo como se muestra en la figura 2.

Adicionalmente el IMT instaló un ológrafo (ver figura 3) en las inmediaciones del muelle fiscal con el objeto de calibrar el modelo numérico.

Este equipo (ver figura 1) realiza mediciones de manera sistemática en la zona de estudio y después de una revisión de las mediciones se determinó que en el sitio la dirección del oleaje incidente que predomina es el proveniente de



Figura 3
Ológrafo acústico

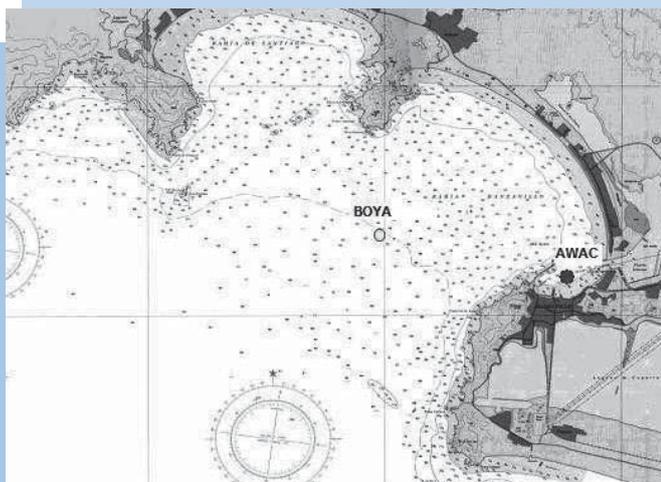


Figura 2
Ubicación de la boya direccional medidora de oleaje

Modelaciones numéricas

El modelo Boussinesq wave del software comercial MIKE 21 fue la herramienta computacional con la que se desarrollaron las simulaciones de la propagación del oleaje en la bahía Santiago, Colima, México; conteniendo en su dominio las instalaciones

del Puerto de Manzanillo. La batimetría con la que se desarrollaron las simulaciones fue proporcionada por la Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V. (API MANZANILLO), la cual se muestra a continuación:

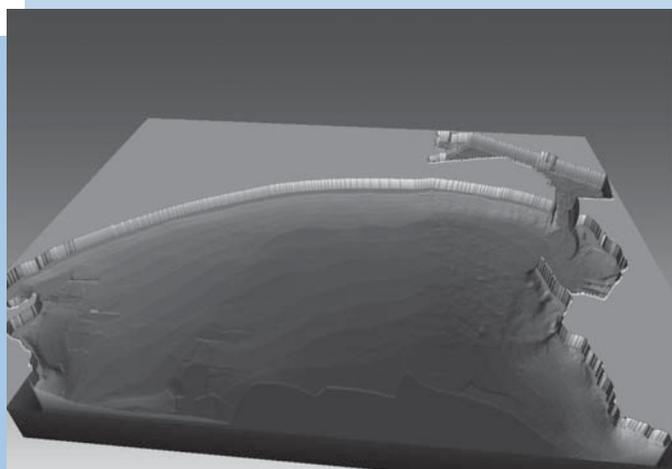


Figura 4

Batimetría para la simulación numérica

El dominio de cálculo se definió por una malla de 680 por 560 celdas, siendo estas celdas de 10 por 10m.

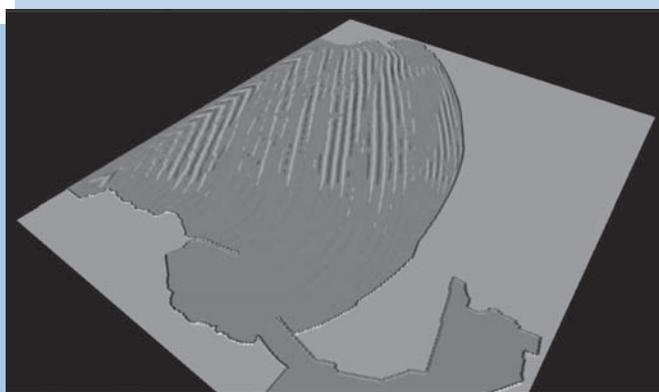


Figura 5

Dominio de cálculo

Los resultados que se obtienen de una simulación numérica dependen en gran medida de las condiciones iniciales que se introducen en el modelo (Hansen *et al*, 2005), y para este trabajo las condiciones iniciales para la modelación numérica fueron obtenidas de las mediciones de una boya medidora de oleaje como la que se describe en la sección anterior.

La definición de las fronteras del modelo se realizó proporcionando características distintas a través de los coeficientes asignados a los distintos elementos que conformaron dichas fronteras (factores para la fricción de fondo, porosidad, coeficientes para la determinación de la rotura del oleaje y diferentes valores de reflexión y transmisión), y fue definida con base en la información batimétrica proporcionada por la API MANZANILLO.

Una vez definidas las fronteras del modelo y las condiciones iniciales se simuló diversos escenarios en el modelo numérico, sin embargo, el análisis se centró en el tiempo en el que se midió la oscilación de baja frecuencia en el interior del puerto. Para ello, se realizó una simulación de 1.5 horas en tres etapas en las que se variaron las condiciones iniciales (altura de ola significativa y superficie libre del mar) como se describe a continuación: a la primer simulación se le asignó el valor de la altura de ola medida con la boya para ese tiempo y una superficie libre plana, esta primer simulación fue de media hora y con esta primer etapa se obtuvo como resultado una superficie libre del mar en el dominio de cálculo. La superficie libre obtenida en la primer simulación (ver figura 6a), junto con la altura de ola de la boya correspondiente, fueron las condiciones iniciales para una segunda corrida también de media hora. Finalmente, para la tercera etapa de esta simulación se tomaron como condiciones iniciales la superficie libre obtenida en la segunda etapa y la altura medida con la boya. Con esta simulación en tres etapas se logró la estabilización del modelo. Además de modelar las condiciones de oleaje en el tiempo en el que se midió el seiche, se desarrollaron otros escenarios de interés tomando como condición inicial la altura de ola asociada al mayor periodo que ha sido registrado con la boya, así como escenarios con las alturas de ola más grandes que han sido registradas con la boya.

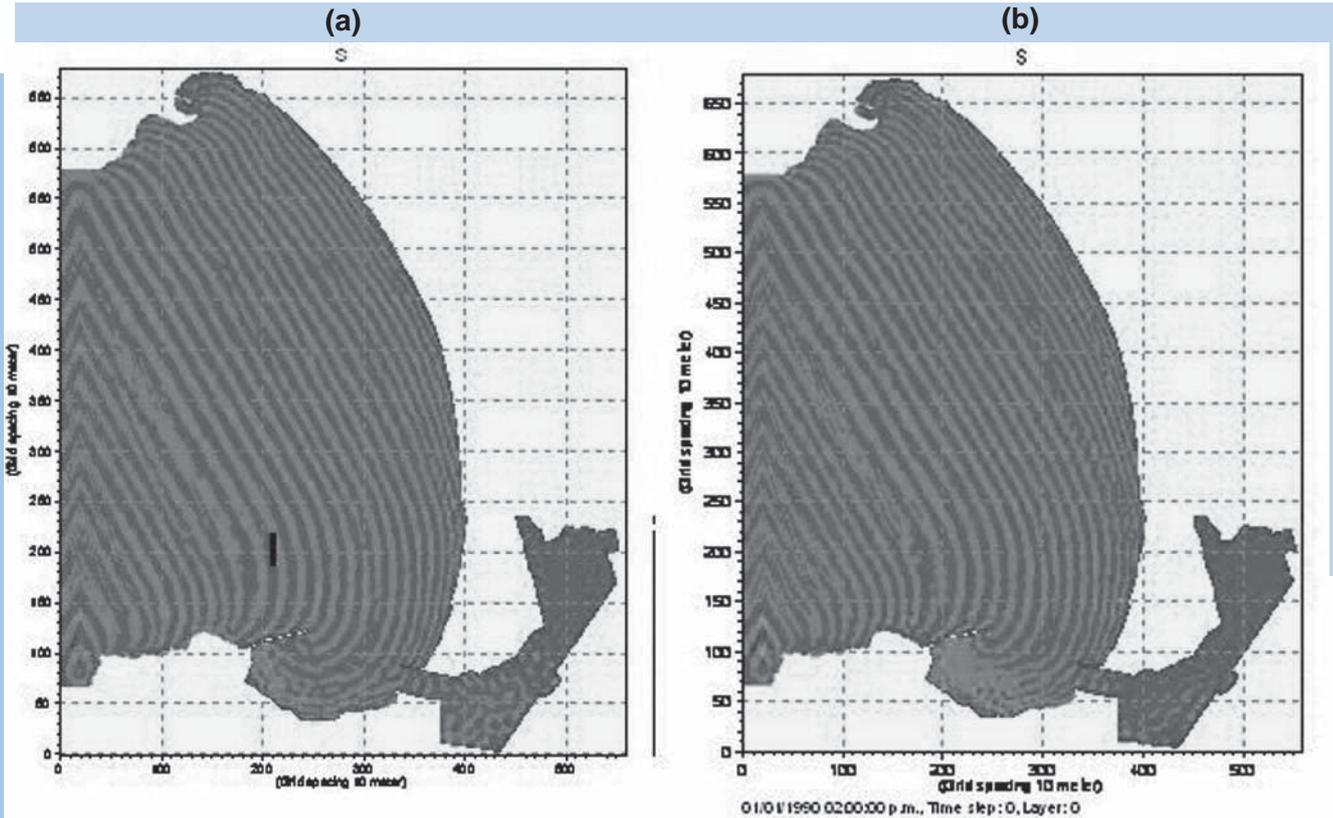


Figura 6
Condiciones iniciales de superficie libre

Resultados

La mejor forma de conocer la calidad de los resultados que se han logrado después de diversas corridas del modelo numérico, es comparar dichos resultados con mediciones que se han realizado en el sitio, en este caso, las características del oleaje obtenidas con el modelo se comparan en un punto en el que fue instalado el ológrafo direccional en el interior del puerto como se muestra en la figura 2.

El resultado de las simulaciones muestra una concentración de energía en dos puntos de la escala de frecuencia. Al compararlo con las mediciones de campo, se observan una distribución muy aproximada en la cual se pueden observar los efectos de las oscilaciones de baja frecuencia que son el eje principal del presente trabajo.

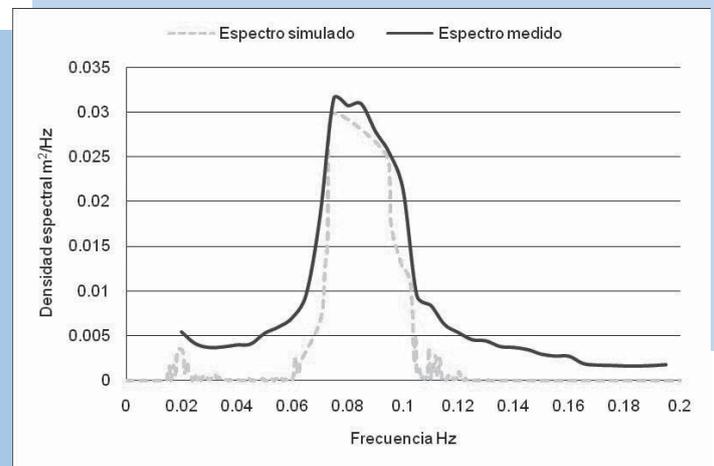


Figura 7
Comparación de espectros frecuenciales

Conclusiones

Al comparar la distribución de energía del espectro frecuencial del oleaje medido con el ológrafo instalado en las inmediaciones del muelle fiscal y la distribución del espectro

frecuencial obtenido de las simulaciones numéricas, se observa lo siguiente:

- El espectro de las simulaciones numéricas modela de manera adecuada las ondas con bajas frecuencias, no obstante que presenta valores menores de la densidad de la energía espectral del oleaje medido.
- Los resultados de las simulaciones numéricas subestiman la densidad de la energía del oleaje medido en un 16 %, en los rangos de frecuencias comprendidos de 0.02 a 0.06 Hz y de 0.105 a 0.18 Hz
- Existe una aproximación aceptable entre los espectros frecuenciales medidos y simulados en el rango de la frecuencias de 0.06 a 0.105 Hz, así como el valor de la frecuencia pico cuyo valor es de 0.08 Hz

Es importante señalar que después de realizar las primeras simulaciones numéricas para el puerto de Manzanillo, fue necesario considerar dentro del dominio de cálculo toda la bahía

Santiago, debido a la importante reflexión que sufre el oleaje incidente en esa topografía con formaciones rocosas situadas en los extremos de las playas turísticas aledañas a la entrada del Puerto de Manzanillo.

Referencias

Danish Hydraulic Institute. *Boussinesq wave module scientific documentation*. 2005

Hansen, H. K. et al. *Simulation of flow wave agitation in Ports and harbours using a time-domain Boussinesq model*. 2005

Madsen, P. A. et al. *Surf zone dynamics simulated by a Boussinesq type model. Part I. Model description and cross-shore motion of regular waves*. 1997

TOLEDANO Noe
ntoledano@imt.mx
ESTRADA J. Ramón
estradar@imt.mx
MONTROYA J. Miguel
mmontoya@imt.mx

EL AUTOTRANSPORTE DE CARGA Y LA SEGURIDAD VIAL

Introducción

La investigación del accidente es una tarea más amplia que la información, ya que no sólo consiste en recopilar datos, sino también en formar opiniones (convicciones). En general, hay siempre más de una circunstancia o condición causante de un accidente; siendo este resultado de la combinación de una serie de circunstancias cuyo conocimiento nos permitirá explicar el porqué del mismo (Toledo, F., et al. 2007:378). En particular, este artículo se enfoca explícitamente a la seguridad vial del autotransporte de carga (vehículos unitarios y articulados) y sus estadísticas de accidentabilidad en las carreteras nacionales.

Es importante hacer notar que los estudios de accidentes y sus estadísticas generalmente se llevan a cabo sobre el total de accidentes viales y no sólo desde el punto de vista de este sector.

El autotransporte de carga tiene gran importancia en el desarrollo económico de nuestro país, ya que moviliza alrededor del 81% de toda la carga terrestre doméstica (Martínez, A., et al. 2008:94) y de acuerdo con la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga, esta industria en México proporciona servicio a 71 actividades económicas del país y genera alrededor de cuatro millones de empleos, ocupando el décimo lugar entre las ramas generadoras de éstos (DGAF, 2005).

Accidentes Carreteros en México

Los accidentes carreteros representan grandes pérdidas para México, tanto humanas como económicas. En el 2007, se reportó que en la Red Carretera Federal (RFC) de aproximadamente 53 mil kilómetros, ocurrieron 30,551 accidentes con un saldo de 33,580 lesionados; 5,398 muertos; y daños materiales estimados en 137,7 millones de dólares (Cuevas, C., *et al.* 2008:1). Las cifras de lesionados y muertos representaron para México pérdidas económicas de alrededor de 2,700 millones de dólares, considerando costos unitarios promedio de 400 mil dólares por muerto y 12 mil dólares por lesionado (*Idem*).

A partir de las cifras del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), entre los años 1998 y 2005 los traumatismos y heridas fueron la segunda, de 15 causas de morbilidad hospitalaria (INEGI, 2006).

En el 2005, el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS) reportó en sus estadísticas 493,957 muertes totales en México, correspondiendo el 15% de ellas a accidentes viales. Lo anterior sitúa a los accidentes de tránsito como la séptima causa de mortalidad en todo el país y la primera causa de muerte en la población mexicana de 5 a 44 años de edad. (*Idem*).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), en su formato electrónico "Estadísticas de Salud de las Américas" edición 2006, mostró que en 17 países de América, los accidentes de transporte terrestre fueron 10 de las principales causas externas de muerte, siendo la principal (junto con los homicidios) entre los hombres de 25 a 44 años en 11 países, incluido México (OPS, 2006).

Cuevas, *et al* (2008:73), reporta que en México el autotransporte de carga ocupó el segundo lugar en cuanto a su participación

en accidentes. Durante 2007, de 45,502 vehículos involucrados en accidentes en la RCF, se registró que el 22% de los vehículos correspondieron a este tipo de transporte; el 62% fueron de vehículos ligeros y 3% autobuses.

Accidentalidad del autotransporte de Carga

De manera particular, la presente sección presenta los resultados de un análisis de los siniestros ocurridos en el 2006 y 2007 que involucraron vehículos de carga (fueran o no éstos los causantes del accidente); para dicho análisis se considero la información contenida en las bases de datos del Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA)*, desarrollado en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del IMT y que es operado por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) y la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF), ambas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Las bases de datos contienen la información de los accidentes ocurridos en la RCF registrados por la Policía Federal (PF). Los siniestros capturados en el SAADA representan el 63.9% del total registrado por la PF. La Tabla 1 presenta los saldos de dichos eventos y el porcentaje que representan del SAADA.

Como puede observarse en dicha tabla, entre 2006 y 2007, las cifras no muestran una variación significativa; sin embargo, en ambos años, el número de vehículos de carga involucrados supera al número de accidentes en los que participó un camión; lo que significa que aproximadamente en el 15% de los accidentes estuvo involucrado más de un camión de carga. En 2007 el número de vehículos de carga accidentados creció en 8.6% con respecto al año anterior. De acuerdo con las cifras reportadas para este período, en cuanto al número de muertos y lesionados, puede deducirse que se tiene una probabilidad

* CD Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA), 2006 y 2007

Tabla 1
Accidentes con vehículos de carga involucrados y capturados en el SAADA

Saldo	2006		2007	
	N°	% que representa del SAADA	N°	% que representa del SAADA
Accidentes	6, 246	34.28	6,713	33.78
Muertos ⁽¹⁾	1,138	35.06	1,10	32.09
Lesionados	6,152	29.01	6,180	27.30
Daños materiales ⁽²⁾	43.06	54.32	55.84	57.03
Vehículos de carga	7,098	24.90	7,711	24.70
Otros vehículos	3,345	11.73	3,781	12.11

Fuente: Elaboración propia

(1) Registrados en el lugar del siniestro.

(2) Millones de dólares.

de al menos 17% de que una persona resulte muerta en un accidente de vehículo de carga, sin considerar los lesionados que fallecen en el hospital posteriormente al accidente.

Grupos de vehículos de carga involucrados en siniestros

A partir de la base de los registros de PF se clasificaron los vehículos de carga involucrados en accidentes en tres grupos principales: (I) el camión de carga unitario de dos o tres ejes (C2 y C3); (II) el vehículo articulado constituido por un tractocamión y un semirremolque siendo las configuraciones más comunes de cinco y seis ejes (T3-S2 y T3-S3); y (III) el doble articulado constituido de igual manera que el articulado, pero con un remolque adicional en una configuración de nueve ejes (T3-S2-R4) siendo la más común en este grupo. Según estudios realizados sobre el autotransporte de carga estas cinco configuraciones mueven el 97% de las toneladas de carga por carretera (Gutiérrez, *et al*, 2008).

Para 2006 y 2007 se observó que para los grupos mencionados, en promedio su

participación en accidentes es de 61% el camión unitario; 29% los articulados, y 10% los doble articulados.

De manera particular, en el 2007, del total de 6,713 accidentes, se detectó que en el 73% de éstos, los vehículos de carga fueron los causantes del siniestro y en el 27% se vieron involucrados en colisiones causadas por otro tipo de vehículo (por ejemplo, automóviles, autobuses, motocicletas, entre otros).

Del 73% mencionado (4,920 vehículos), el 55.2% fueron camiones unitarios, 33.5% articulados y el 11.3% doble articulados; estos accidentes ocasionados por vehículos de carga dejaron un saldo de 559 muertos y 3,545 lesionados que representan el 50 y 57% respectivamente del total de víctimas en accidentes con vehículos de carga involucrados (1,110 muertos y 6,180 lesionados en 2007); estas víctimas se encuentran distribuidas para cada tipo de vehículo observándose que el camión unitario agrupa una mayor proporción de víctimas en comparación con su participación como causante del accidente, es decir, como causante representa el 55.2% y concentra el 61 y 70% de muertos y lesionados respectivamente (véase Tabla 2).

Tabla 2
Distribución de saldos de accidentalidad por tipo de vehículo, 2007

Tipo	Configuración	Total de vehículos involucrados en accidentes	Accidentes causados por vehículos de carga		
			N° de vehículos	Muertos	Lesionados
Camión unitario	C2 	4,530	2,715	344	2,464
	C3 				
Articulado	T3S2 	2,360	1,648	178	877
	T3R3 				
Doble articulado	T3S2R4 	821	557	37	204
Total		7,711	4,920	559	3,545

Fuente: Elaboración propia

Alguna de las razones que pueden explicar las cifras elevadas de siniestralidad que registran los camiones unitarios se deben a que son conducidos por operadores menos experimentados, teniendo en cuenta que es el paso natural para llegar a conducir configuraciones más grandes (vehículos articulados); cabe mencionar, que este tipo de vehículos además tienen el parque vehicular más viejo y más numeroso, tal y como se detalla más adelante.

Es común pensar que las colisiones de vehículos de carga suelen ser de alta severidad,

sin embargo en primera instancia la Figura 1 demuestra lo contrario. Los saldos totales oficiales de la PF reflejan que por cada 100 accidentes se tienen 130 víctimas (muertos y lesionados) en promedio, mientras que para los accidentes provocados por vehículos de carga la cifra es 36% inferior.

Condición de los conductores de vehículos de carga

Para los conductores de cualquier vehículo en general la estadística nacional señala que el 61% resulta ileso de una colisión,

Tabla 3
Condición de los conductores de vehículos de carga causantes de accidentes

Condición del conductor		2006				2007			
		Camión unitario	Articulado	Doble articulado	Total	Camión unitario	Articulado	Doble articulado	Total
Ileso	N°	2,075	1,116	442	3,633	2,054	1,357	499	3,910
	%	75.8	81.2	88.9	78.8	75.6	82.3	89.6	79.5
Muerto	N°	102	47	16	165	119	57	12	188
	%	3.7	3.4	3.2	3.6	4.4	3.5	2.1	3.8
Lesionado	N°	560	212	39	811	542	234	46	822
	%	20.5	15.4	7.9	17.6	20.0	14.2	8.3	16.7
Total	N°	2,737	1,375	497	4,609	2,715	1,648	557	4,920
	%	59.4	29.8	10.8	100.0	55.2	33.5	11.3	100.0

mientras que el 33% sufre alguna lesión y el 6% muere (Cuevas, *et al.*, 2008:62); para el caso de los conductores de vehículos de carga la probabilidad promedio de resultar ileso es mayor (76%), y dicha probabilidad se incrementa de manera importante para los conductores de vehículos articulados y doble articulados (82 y 89% respectivamente). En la Tabla 3 se muestra la condición del conductor de dichos vehículos.

¿Cómo sucedió el accidente?: Tipos de accidente del autotransporte de carga

La definición del tipo de accidente es un elemento clave en el tratamiento de sitios de alta siniestralidad comúnmente llamados “puntos negros”. El tipo de accidente predominante en estas locaciones puede brindar un panorama de la circunstancias que contribuyeron a la ocurrencia del mismo; por ejemplo, se ha observado que cuando el tipo de accidente es “Choque por alcance” por lo general se trata de una vía cuya capacidad vial está siendo afectada, en el caso de la “Salida

del camino” se ha encontrado una relación con condiciones de la vía que no cumplen con las expectativas del conductor.

En este sentido, la Tabla 4 muestra la distribución por tipo de accidente para los diferentes vehículos de carga tanto para el total de los involucrados en accidentes como los causantes del mismo; en este caso se definen tres grupos predominantes de accidentes: “Choque”, “Salida del camino” y “Volcadura”; en las estadísticas nacionales estos tipos de accidentes agrupan 54.6%, 34.8% y 5.1% respectivamente (Cuevas, C., *et al.*, 2008:73). En la categoría de “Otros” quedan agrupados el “Atropellamiento”, “Incendio”, etc.

Se observa que la distribución por tipo de accidente para el total de los vehículos de carga involucrados en colisiones mantiene un comportamiento muy similar a la estadística nacional; para el caso de los articulados y doble articulados como causantes del accidente el comportamiento es distinto, ya que se incrementan los porcentajes de “Salidas del

Tabla 4
Distribución por tipo de accidente para los diferentes tipos de vehículos de carga involucrados en accidentes así como los causantes

Vehículos de carga		Tipo de accidente								Total	
		Choque		Salida del camino		Volcadura		Otros			
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%		
2006	Todos los involucrados	3,601	57.7	1,827	29.3	428	6.9	390	6.2	6,246	
	Causantes	Camión unitario	1,368	50.0	1,009	36.9	197	7.2	163	6.0	2,737
		Articulado	544	39.6	574	41.7	176	12.8	81	5.9	1,375
		Doble articulado	170	34.2	197	39.6	50	10.1	80	16.1	497
		Total	2,082	45.2	1,780	38.6	423	9.2	324	7.0	4,609
2007	Todos los involucrados	4,017	59.8	1,827	27.2	540	8.0	329	4.9	6,713	
	Causantes	Camión unitario	1,470	54.1	902	33.2	236	8.7	107	3.9	2,715
		Articulado	659	40.0	673	40.8	234	14.2	82	5.0	1,648
		Doble articulado	189	33.9	203	36.4	64	11.5	101	18.1	557
		Total	2,318	47.1	1,778	36.1	534	10.9	290	5.9	4,920

camino” y “Volcaduras”. Esto puede explicarse por las diferentes condiciones mecánicas de los vehículos y las tareas de conducción: en un camión unitario el movimiento del volante se traduce en un movimiento uniforme a todo lo largo del vehículo, en cambio en los articulados el movimiento del volante se amplifica en la parte posterior del vehículo, por lo tanto ante virajes bruscos se produce una inestabilidad direccional que puede llegar a provocar una salida del camino, sí la inestabilidad direccional es suficientemente fuerte se genera una inestabilidad lateral produciendo una volcadura.

Causas de accidentalidad de los vehículos de carga

El sistema vial es la interacción de tres principales factores: conductor, vehículo y vía; y cuando se presenta una falla se dice que se ha producido un accidente, producidos por falta de armonía entre los tres o al menos dos de ellos, aunque su influencia particular no tiene el mismo peso en los accidentes (Campoy, J., *et al* 2004:9). En un accidente, al sistema vial se le suman los atribuibles a los agentes naturales; aunque el porcentaje atribuible a estos factores es muy bajo. Los factores no pueden considerarse aislados, sino que se interrelacionan, constituyendo el vehículo frecuentemente el nexo de unión entre todos ellos, en cuanto que condiciona la vida misma de la sociedad, de la que el tránsito no es sino una manifestación más (*idem*).

La estadística nacional reporta que el 70% de las causas son atribuibles al conductor, 18% al camino, 8% a los agentes naturales y el 4% restante al vehículo; para los vehículos de carga la distribución es de 65, 19, 10 y 6% respectivamente. (Cuevas, *et.al.*, 2008:3).

De manera general, se observó que dentro de las causas asociadas al conductor, el exceso de velocidad es la falta más representativa

(51%) para cualquier tipo de accidente. Le siguen los accidentes del tipo “Choque” ocasionados por la invasión de carril con un 11%; y también con un 11% las “Salidas del Camino” y las “Volcaduras”.

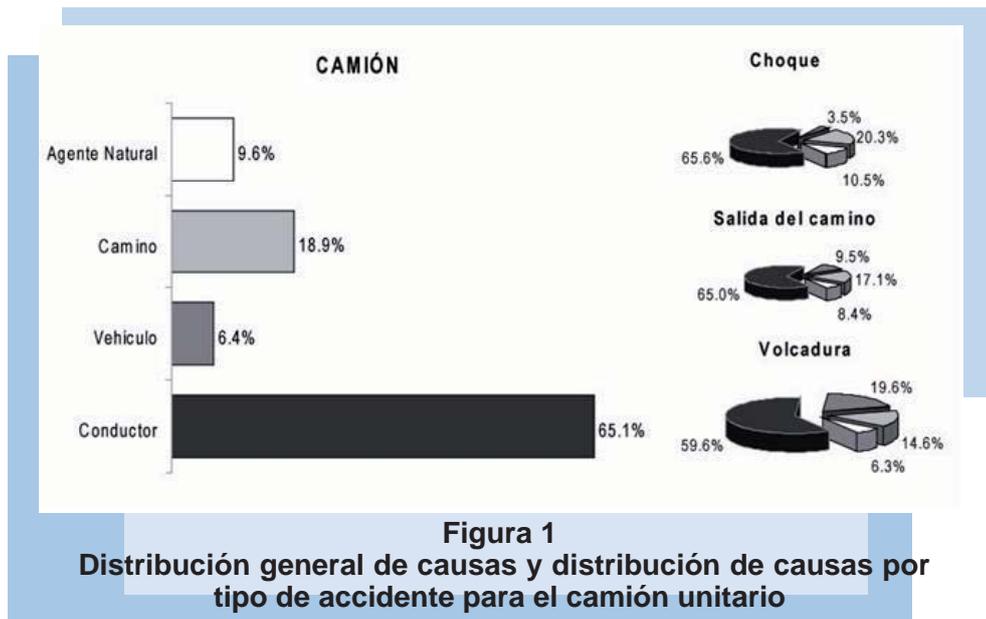
Como era de esperarse en los conductores de vehículos de carga, el efecto de la fatiga y/o el sueño durante la conducción tiene una participación importante como causante de accidentes; en la estadística nacional “Dormitando” representa dos de cada 100 causas asociadas al conductor y en cambio para los vehículos de carga el valor asciende a 11.

Dentro de las causas atribuibles a la vía y a los agentes naturales sobresalen el pavimento mojado y la lluvia respectivamente, sin embargo tan sólo el 12% de los accidentes con vehículos de carga involucrados ocurrieron bajo estas condiciones.

Para el caso de las causas atribuibles al vehículo se observa una distribución uniforme sobresaliendo las llantas, los frenos, la dirección y los ejes con 31, 21, 14 y 10% respectivamente, sin embargo estas cifras tiene variaciones importantes entre los diferentes tipos de vehículos de carga y accidentes.

De la Figura 1 se observa que para cualquier tipo de accidente de camión unitario, el 65% de las causas son atribuibles al conductor y en segundo orden de importancia se encuentra el camino con el 19% y finalmente los agentes naturales y el vehículo con el 9.6 y 6.4% respectivamente. La distribución de causas en los accidentes tipo “Choque” es muy similar a la descrita anteriormente; para el caso de “Salida del camino” y “Volcadura” se incrementan las causas atribuibles al vehículo.

Para los vehículos articulados la distribución de las causas asociadas al conductor y al



vehículo se incrementan por tipo de accidente decreciendo las atribuibles al camino y a los agentes naturales; por ejemplo: el 59.3% de las causas son atribuibles al conductor en el caso de los accidentes tipo “Choque” y se incrementa a 67 y 70% para “Salida del camino” y “Volcadura”, respectivamente. Aún y con estas variaciones no se altera el orden entre los diferentes grupos de causas, es decir el conductor es el de mayor importancia, seguido por el camino, los agentes naturales y por último, el vehículo.

Para el caso de los vehículos doble articulados en la distribución de las causas se observa el mismo comportamiento de los articulados es decir, se incrementan las causas asociadas al conductor y al vehículo y se reduce la participación del camino y los agentes naturales. Es de notar que en “Salida del camino” y “Volcadura” el vehículo incrementa su participación de tal manera que, de ocupar el último lugar como causal de accidente pasa al tercero y segundo lugar respectivamente. Debido a esta evolución se indagó en el SAADA y se observó que las causas atribuibles al vehículo presentan distribuciones muy particulares para cada tipo de accidente, por ejemplo: en “Choque”

los frenos constituyen la principal causa seguida por llantas, suspensión, ejes y motor; en “Salida del camino” son la dirección y los ejes; y finalmente en “Volcadura” los ejes y el sobrecupo o sobrecarga.

Maniobras en la conducción

Respecto a las maniobras que se hacían con el vehículo al momento del siniestro, la base de datos señala que el 85.2% de los conductores seguían de frente, el 3.8% realizaba algún tipo de viraje (2.5% a la izquierda, 0.7% a la derecha y 0.6% en retorno), el 3.2% se encontraba estacionado, el 2.4% circulaba a baja velocidad, el 2.1% se incorporaba o salía de la vía, 1.7% rebasaba y 1.6% restante realizaba otro tipo de maniobras.

Las variaciones a los porcentajes mencionados se perciben analizando por tipo de accidente, por ejemplo la maniobra “Seguía de frente” fue realizada por el 80% de los conductores que chocaron, 96% de los que se salieron del camino y 92% de los que se volcaron.

Características físicas del camino

La base de datos del SAADA reporta que para el 61% de los vehículos de carga siniestrados

la colisión ocurrió sobre un tramo carretero cuyo alineamiento vertical es a nivel y el 39% restante fue en pendiente (13% ascendente y 26% descendente); cabe señalar que para el caso específico de los vehículos que sufrieron una “Volcadura” el 61% fue en tramos en pendiente.

Respecto a las características del alineamiento horizontal de la vía las colisiones se distribuyen de la siguiente manera: 70% en tramos rectos, 11% en curvas abiertas, 15% en curvas cerradas y 3% en intersecciones; es importante exponer que más del 50% de las volcaduras de vehículos articulados y doble articulados fueron en curvas cerradas.

Modelos de vehículos de carga involucrados en siniestros

Se analizó la distribución del modelo de los vehículos de carga siniestrados, el valor de la media para los camiones unitarios es 1994, es decir que estos tenían una antigüedad de 12 años, mientras que para los articulados la media es de 1995, o sea 11 años de antigüedad y finalmente en los doble articulados la media es de 2001 lo que representa una antigüedad de cinco años. La Tabla 5 muestra la distribución de la antigüedad y edad de los vehículos, respectivamente.

Alrededor del 57% de los camiones unitarios y articulados tienen una antigüedad mayor de cinco años, mientras que los doble articulados menos del 30% superan los cinco años de antigüedad.

En los años que se ha realizado el Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional (Gutiérrez, J., et al 2008:33) (1991-2007) se ha observado que la antigüedad promedio de los camiones unitarios es mayor que el promedio registrado en los articulados, y que estos a su vez tienen una antigüedad promedio mayor al doble articulado; esta tendencia se observa también en los accidentes.

Por otra parte, se compararon las distribuciones de los modelos de los vehículos de carga siniestrados, con los años modelo del total de la flota de vehículos de carga reportada por la DGAF y los vehículos-kilómetro recorridos; cabe hacer mención que este último es un valor obtenido de las 14 estaciones instaladas en 2006 para el Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional, que comprende una muestra de 38 mil vehículos; las Figuras 2 y 3 muestran el resultado para vehículos de carga unitarios y articulados respectivamente.

La línea más clara representa el porcentaje respecto al total de vehículos registrados ante

Tabla 4
Distribución por tipo y edad de los vehículos de carga involucrados en accidentes

Antigüedad	Camión Unitario		Articulado		Doble articulado		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Menos de 1 año	309	7.1	170	8.7	106	15.2	585	8.4
De 1 a 5 años	1,489	34.4	697	35.6	386	55.5	2,572	36.9
De 5 a 10 años	462	10.7	262	13.4	103	14.8	827	11.8
Mayor de 10 años	2,063	47.7	831	42.4	101	14.5	2,995	42.9
Total	4,323	100.0	1,960	100.0	696	100.0	6,979	100
Porcentaje	61.9		28.1		10.0		100	

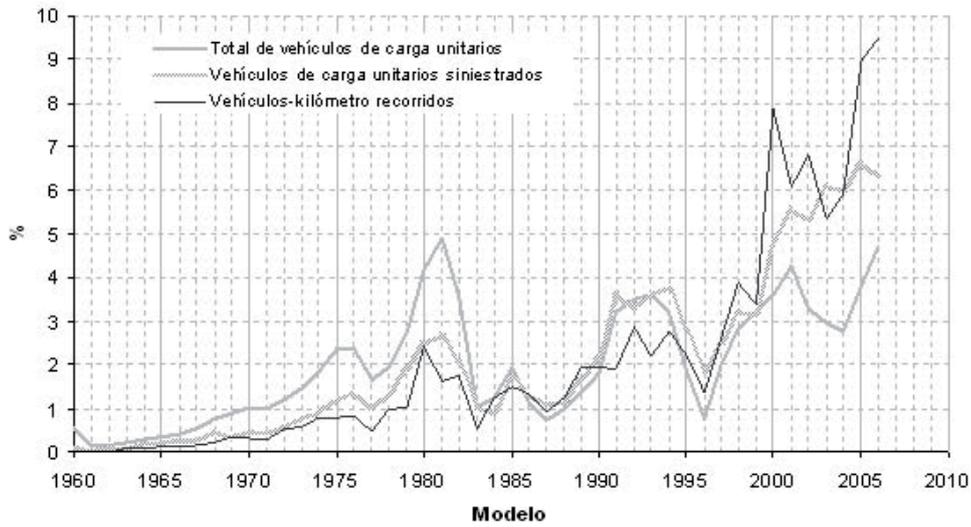


Figura 5
Distribución por modelo de los vehículos de carga unitarios

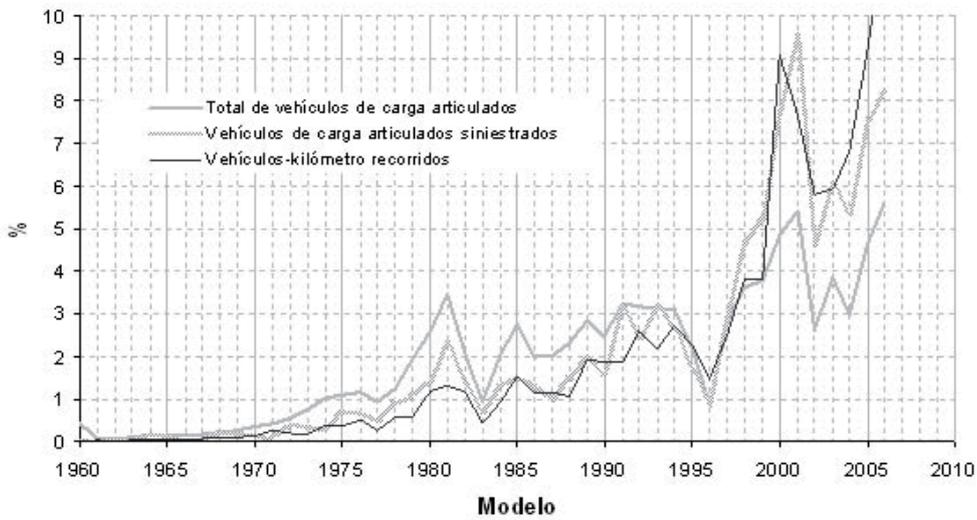


Figura 6
Distribución por tipo y modelo de los vehículos de carga articulados

la DGAF por año modelo, la línea más oscura el porcentaje de vehículos-kilómetro recorridos y la otra línea el porcentaje del total de vehículos siniestrados; la cual como se puede observar, se encuentra por encima de la línea más clara a partir de modelos con menos de 20 y 10 años de antigüedad para camiones unitarios

y articulados respectivamente. Por otra parte, los vehículos de más antigüedad no tienen una participación importante en los accidentes; por ejemplo, en el caso de los camiones unitarios el 5% son modelo 1981 y para 2006 solo el 2.6% de los vehículos siniestrados, corresponden a este modelo; sin embargo, si consideramos la

movilidad tan solo el 1.3% de los vehículos-kilómetro que fueron recorridos corresponden a este modelo. Dicho de otra forma, aunque su grado de exposición es menor tienen mayor probabilidad de participar en un accidente.

No obstante que la distribución de los vehículos-kilómetro se obtuvo de los datos de 14 estaciones (Gutiérrez J., *et al* 2008:33) y que no necesariamente conforman una muestra representativa, se estima que los vehículos de mayor antigüedad recorran distancias más cortas en comparación con los vehículos de modelos recientes, tal y como se observa en la figuras anteriores.

Siendo el autotransporte una rama importante de la economía es sumamente sensible a las crisis, tal como se puede observar en la graficas los modelos de los vehículos de carga tiene descensos a partir de 1981, 1994 y 2001, que en la línea azul se traduce en una reducción en la compra de vehículos y en la línea roja una reducción en el número de accidentes producto de una menor exposición al riesgo por la falta de movilidad.

Conclusiones

La importancia del autotransporte de carga no sólo radica en su contribución positiva para el desarrollo económico de México, sino también en el impacto negativo que tiene en las carreteras federales, ocupa el segundo lugar en cuanto a participación en accidentes y aunque esta posición es acorde a su movilidad, no debemos olvidar que se trata de vehículos que deben ser conducidos por personal capacitado. En el 73% de los siniestros reportados en la RCF con vehículos de carga involucrados, éstos fueron los causantes del accidente; siendo el camión de carga unitario de dos o tres ejes (C2 y C3) el de mayor participación (55.2%), agrupando el 61 y 70% de muertos y lesionados respectivamente. En los tres grupos predominantes de accidentes: “Choque”, “Salida del camino”

y “Volcadura”, la distribución por tipo de accidente para la totalidad de los vehículos de carga involucrados en colisiones mantiene un comportamiento muy similar a la estadística nacional (54.6%, 34.8% y 5.1% respectivamente). En el caso de los articulados (T3-S2 y T3-S3) y doble articulados (T3-S2-R4) se incrementan los porcentajes de “Salidas del camino” y “Volcaduras” debido a las diferentes condiciones mecánicas de dichos vehículos y las tareas de conducción. En general para cualquier tipo de accidente y/o vehículo, el 65% de las causas del accidente son atribuibles al conductor, siendo el exceso de velocidad la falta más representativa con un 51%.

Para los conductores de vehículos de carga la probabilidad de resultar ileso es 18% mayor que para los conductores de cualquier otro vehículo, incrementándose la probabilidad para los conductores de vehículos articulados y doble articulados (8 y 17% respectivamente). Aunque los accidentes provocados por vehículos de carga son de menor severidad en comparación con el total nacional, los saldos oficiales de la PF reflejan que por cada 100 accidentes se tienen 130 víctimas (muertos y lesionados) en promedio, mientras que para los accidentes provocados por vehículos de carga la cifra es 36% inferior. No obstante, su índice de participación en accidentes y pérdidas, tanto humanas como monetarias, son alarmantes considerando que son vehículos al mando de personal capacitado.

Un alto porcentaje de discapacidad y muertes ocasionadas por accidentes de tránsito de vehículo motor son previsible, lo cual disminuiría el impacto devastador al que se enfrentan las familias de las víctimas accidentadas y el desajuste económico y emocional, en donde inevitablemente estabilidad y proyectos de una familia se ven afectados; sobretodo sí la víctima constituye el sustento principal de un hogar, que en la mayoría de los casos es una persona del sexo masculino. Esto se fundamenta con los

resultados estadísticos del SINAIS, en donde muestran que los accidentes viales son la quinta causa de mortalidad en personas del sexo masculino y la primera en el rango de 15 a 44 años de edad.

Por todo lo anterior, es imprescindible atender esta problemática en diferentes frentes; por ejemplo se propone: 1) crear programas de capacitación permanentes para operadores con poca experiencia en la conducción de camiones de carga de menor tamaño, y no sólo aplicar para recibir su licencia de manejo; 2) lanzar campañas específicas de concientización para operadores durante la conducción de camiones de carga; 3) seguir impulsando el programa de chatarrización de la flota vehicular en malas condiciones; 4) optimización, por parte de las empresas, de las condiciones laborales de los operadores en específico en los tiempos de conducción; entre otras acciones.

Bibliografía

Koffi, Annan., Mensaje con ocasión de la Primera Semana Mundial sobre la Seguridad Vial de las Naciones Unidas, 2007

CAMPOY, J., et al.; Master Tráfico y Seguridad Vial, Módulo III: Infraestructuras/entorno, España, INTRAS, 2004

CD Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA), Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila Querétaro, 2002
CUEVAS, C., et al.; Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2006. Documento Técnico No 38, México, IMT, 2007

CUEVAS, C., et al.; Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2007. Documento Técnico No 41, México, IMT, 2008

Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF). Estadística Básica del Autotransporte

Federal 2005, México, 2005
GUTIÉRREZ, J., et al.; Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional, Análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en 2007. Documento Técnico No 40, México, IMT, 2008

Instituto Nacional de Estadística (INEGI), Geografía e Informática, Segundo Censo de Población y Vivienda 2005, México, 2006
Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Manual estadístico del sector transporte 2008. México, IMT, 2008. p.94

MENDOZA, E. Obstáculos al comercio en el TLCAN: el caso del transporte de carga. El transporte de carga en el TLCAN comercio exterior, Vol. 53, Núm. 12, diciembre de 2003.

Organización Panamericana de la Salud (OPS), Estadísticas de salud de las Américas, Edición de 2006, USA, 2006. p.4 http://www.paho.org/Spanish/DD/AIS/HSA2006_ST.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS), Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito, 2004
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2008, México, 2008:7-8

Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), Mortalidad. Principales causas de mortalidad general Nacional 2005, México, 2005. <http://www.sinais.salud.gob.mx/mortalidad/index.html>

Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), Mortalidad. Diez principales causas de mortalidad en hombres y mujeres 2007, México, 2008. http://www.sinais.salud.gob.mx/descargas/xls/diezprincausasmort2007_CNEGySR.xls

GUTIÉRREZ Alejandra
agutierrez@imt.mx
CUEVAS Cecilia
ccuevas@imt.mx
ZAMORA Alma
azamora@imt.mx
JIMÉNEZ Elías

GLOSARIO

A continuación se presentan las palabras clave con su descripción correspondiente, las cuales son contenidas respectivamente en los dos artículos técnicos presentados en este boletín:

Artículo 1:

Ondas de infragravedad: Es un tipo de onda en la superficie libre del mar cuya fuerza generadora es la acción del viento, sus periodos pueden ser de entre 30s y 5 min.

Modelo numérico tipo Boussinesq: Es un modelo numérico formulado con las ecuaciones de continuidad y de cantidad de movimiento desarrollado por M. J. Boussinesq en 1872. Tiene como objeto modelar la propagación del oleaje promediando la velocidad en la vertical. Este modelo es capaz de describir los movimientos oscilatorios en un fluido y es aplicable a fondos variables.

Espectro frecuencial: El espectro frecuencial define con una función la cantidad de energía contenida en un grupo de olas. Su representación gráfica muestra la variación de la densidad espectral en función de la

frecuencia y puede ser obtenido de mediciones de oleaje real a partir de un nivel de referencia definido.

Artículo 2:

Accidente de tránsito: Colisión en la que participa al menos un vehículo en movimiento por un camino público o privado dejando al menos una persona muerta o herida. (Economic Commission for Europe Intersecretariat Working Group on transport Statistics. Glossary of transport statistics, 3rd ed. New York, NY. United Nation Economic and Social Council, 2003)

Autotransporte de carga: Es el porte de mercancías que se presta a terceros en caminos de jurisdicción federal. Atendiendo al tipo de mercancías y de los vehículos. (<http://www.transporte.com.mx/INFOTRANSPORTISTAS/GLOSARIOAUTOTRANSPORTE.htm>)

Seguridad vial: Es un derecho de los ciudadanos y un deber de todas las administraciones públicas a disminuir los accidentes de tránsito y a que sus consecuencias sean lo menos dañinas para el individuo y para la sociedad (INTRAS Instituto Universitario de Tráfico y Seguridad Vial, Universidad de Valencia)

PROYECTO EN MARCHA

Desarrollo de una propuesta de modelo e indicador de ruido generado por la operación del transporte carretero en México

Desde hace años, el ruido se ha convertido en un factor contaminante constante en la mayoría de las aglomeraciones urbanas, convirtiéndose en la actualidad en un grave problema a la salud humana con efectos fisiológicos, psicológicos, así como problemas económicos y sociales. El ruido se localiza entre los principales impactos ambientales del sector transporte de acuerdo a la OCDE. El ruido en carreteras es generado

en conjunto por el sistema del vehículo que transita (motor, ventilador, escape, entre otros), por su movimiento (contacto de la llanta con el pavimento) y el ruido aerodinámico que se produce por su paso. El trabajo realizado consistió en el desarrollo de un modelo e indicador ambiental del ruido generado en carreteras basándose en los estudios realizados para carreteras federales del Estado de Querétaro.

Los estudios realizados en los años 2000 y 2005, fueron retomados para el análisis del ruido y su progreso a través del tiempo, así como el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y la composición vehicular. Los niveles de ruido que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para carreteras existentes en horarios diurnos es de 65dB(A), el indicador ambiental propuesto toma este nivel como referencia para los niveles de ruido encontrados en los monitoreos. Las mediciones son directas para el indicador acústico $Leq(\text{total})$ (nivel equivalente de ruido total) en 7,5 horas de monitoreo en el día.

Los resultados obtenidos muestran que los niveles de ruido registrados para los puntos monitoreados en el estado de Querétaro, presentan niveles hasta 25% por encima de los límites máximos establecidos por la OCDE. También se observa un cambio en la composición del TDPA en ciertas carreteras, como en la carretera Querétaro - San Luis Potosí, donde el TDPA pesado aumenta 10,5% entre los años 2005 y 2009, caso contrario de la autopista Querétaro- Irapuato donde disminuye cerca del 17%. Adicionalmente, los resultados evidencian la importancia de las características

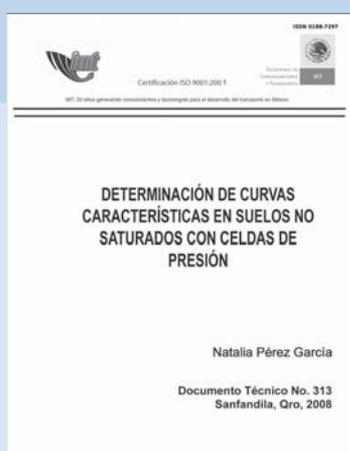
del pavimento, donde los niveles de ruido muestran en promedio incrementos de hasta en 7,5dB(A) para las carreteras con pavimento de concreto hidráulico (rígido) con respecto a las carreteras con pavimento de concreto asfáltico (flexible).

El indicador ambiental de ruido se propone como un indicador ambiental, basado en los niveles de presión sonora continua equivalente [$Leq(\text{total})$] en períodos diurnos. Tanto el indicador ambiental como el modelo propuesto están basados en mediciones directas en carreteras del Estado de Querétaro y se sugiere su uso para condiciones de operación y geográficas similares. El modelo relaciona los índices ambientales de ruido calculados con la variable de TDPA total y pesado, con una correlación de $R^2 = 0,9027$; se generan pronósticos reservados con respecto al TDPA para los próximos años, teniendo que si en los próximos 5 años, el aumento en el TDPA total crece con las mismas tendencias que en los últimos años, los niveles de ruido se verán incrementados hasta en 7% con respecto a los actuales.

LÓPEZ Guadalupe
glopez@imt.mx

PUBLICACIÓN

Determinación de curvas características en suelos no saturados con celdas de presión



En la **PUBLICACIÓN TÉCNICA 313** se muestran algunas de las celdas de presión que se han utilizado en agricultura para determinar dicha relación. Se hace la descripción de una nueva celda de presión diseñada en la Universidad Estatal de Arizona con algunas ventajas sobre las ya existentes (simular la sobrecarga que se tendrá en condiciones reales, y estudio de cambio de volumen en trayectorias de secado y humedecimiento, medición de varios puntos de la curva característica sin mover la muestra, etc).

Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto: <http://imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt313.pdf>

EVENTOS ACADÉMICOS

Evaluación económica y social de proyectos de infraestructura del transporte

Este curso internacional fue llevado a cabo del 29 de Junio al 3 de Julio de 2009, en las instalaciones del IMT en Sanfandila, Querétaro. La coordinación académica del curso estuvo a cargo del Dr. Guillermo Torres Vargas y el M. en I. José Arroyo Osorno.

El objetivo fue proporcionar las herramientas de análisis que son empleadas en la identificación de las variables que intervienen en la evaluación económica de proyectos de infraestructura de transporte regional, e introducir a los participantes en el manejo de metodologías para la evaluación económica de proyectos de infraestructura para el transporte, así como para la programación de inversiones en el corto, mediano, y largo plazos.

El curso se diseñó para los servidores públicos que se encargan de la planeación de la infraestructura a nivel nacional, regional y estatal, así como de aquellos que se responsabilizan de la elaboración de los programas de inversión de las obras; asimismo, para los profesionales y consultores privados que realizan estudios de factibilidad para dependencias del Sector.

Tuvo una asistencia de 28 participantes, de los cuales varios provinieron de Dirección General de Carreteras-SCT, Dirección General de Conservación de Carreteras-SCT, Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), diferentes centros SCT como San Luis Potosí, Querétaro, Coahuila, Veracruz, Michoacán, Nuevo León; Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Marista de Querétaro, y de las empresas L&R Ingeniería Geotécnica y Suma Sinergia.

Las exposiciones estuvieron a cargo del Director General del IMT el Ing. Roberto Aguerrebere Salido y los investigadores de la Coordinación de Economía del los Transportes y Desarrollo Regional el M. en E. Víctor Islas Rivera, el Dr. Guillermo Torres Vargas, el M. en I. José Antonio Arroyo Osorno y de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte el Dr. César Rivera Trujillo. Por parte de la Dirección General De Desarrollo Carretero-SCT el Ing. Agustín Melo Jiménez, de las empresas Cal y Mayor & Asociados y Steer Davis Glade, el M. en E. Marco Antonio López Castro y el Ing. Francisco Mira Romero respectivamente.

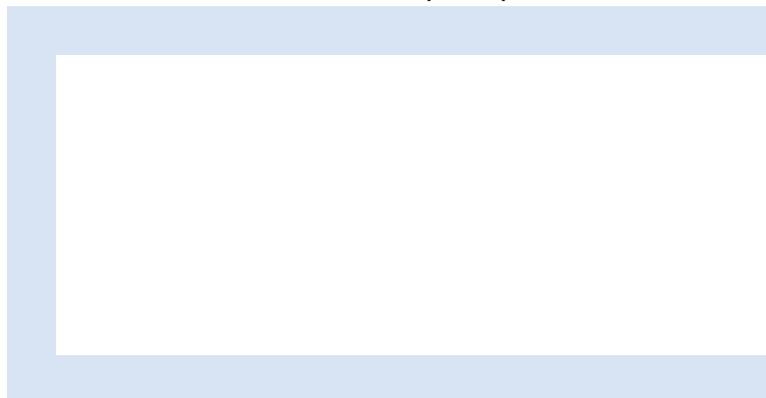
Algunos de los temas tratados fueron:

- Identificación de variables que intervienen en la estimación de la demanda regional del transporte.
- Modelos matemáticos, y econométricos utilizados para la estimación de la demanda.
- Métodos de asignación de tránsito para el caso de construcción de carreteras de altas especificaciones.
- Nuevas metodologías para los estudios de pronóstico de tránsito.
- Fundamentos de la evaluación económica de proyectos: Variables socioeconómicas y operacionales que intervienen en la evaluación de proyectos.
- Criterios aplicables a las variables que intervienen en la evaluación económica de proyectos.
- Definición de indicadores de rentabilidad que intervienen en el análisis costo-beneficio de proyectos de inversión.



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
APARTADO POSTAL 1098
76000 QUERÉTARO, QRO
MÉXICO

Registro Postal
Cartas
CA22-0005
Autorizado por Sepomex



POR AVIÓN
AIR MAIL