

## ENERGÍA

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Análisis del consumo energético en camiones cisternas pertenecientes a la empresa comercializadora de combustibles Granma

## *Analysis of energy consumption in trucks tankers belonging to the Granma Fuels Company*

Dr.C. Idalberto Macías Socarrás, Dr.C. Benjamin Gabriel Gaskins Espinosa, Ing. Alain Ariel de la Rosa Andino, M.Sc. Jorge Ramos Zamora, M.Sc. Raúl Felipe Pacheco Gamboa

Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba.

**RESUMEN.** Este trabajo se desarrolló en la Empresa Comercializadora de Combustibles de la provincia Granma, ubicada en la carretera de las Tunas km. 1 reparto Francisco Vicente Aguilera, la misma tiene como tarea principal almacenar y comercializar todos los combustibles (diesel, querosina, alcohol, nafta, gasolina, mezcla, fue oil y GLP) a las redes mayorista y minoristas de la provincia. Para la realización del mismo, se utilizó la Metodología para la determinación de consumo de combustibles para el cumplimiento de las tareas de la producción, de ella nos apropiamos del método más sencillo aplicado en cualquier empresa para medir el combustible consumido, que es el método de rellenado. Con el objetivo de determinar los indicadores de consumo en diferentes camiones cisternas de la empresa. Obteniéndose como resultado una diferencia en los índices de consumo de las pruebas realizadas en este año en relación con los que se valoraban en la empresa en años anteriores, además el DAF 95 consumió más combustible que las diferentes variantes de los camiones internacionales DT 466.

**Palabras clave:** Proceso de transporte, consumo de combustible, medios de transporte, indicadores de consumo.

**ABSTRACT.** This work was carried out in the Granma Fuels Company, located in the Tunas highway, km 1, neighbourhood Francisco Vicente Aguilera, having as main task to store and to market all the fuels (diesel, kerosene, alcohol, naphtha, gasoline, mixes, fuel oil and GLP) to the wholesaler and retailers of the province. Was used the Methodology for the determination of consumption of fuels during the execution of the tasks of the production. We used the simplest method applied in any company to measure the consumed fuel that is the method of refilling, with the objective of determining the consumption indicators in different trucks tankers of the company. Was obtained a difference in the indexes of consumption during the tests carried out in this year, as compared with those that were registered in the company in the previous years. The DAF 95 truck consumed more combustible than the different variants of the trucks International DT 466.

**Keyword:** Transport of process, consumption of fuel, means of transportation, consumption indicators.

## INTRODUCCIÓN

El uso racional de los recursos energéticos es una tarea de vital importancia en nuestros días para cualquier sector de la economía, dado el agotamiento de las reservas de petróleo, la principal fuente de suministro (Malajova, 1989<sup>1</sup> (Abejón, 1999).

En el consumo de combustible inciden numerosos factores: las características constructivas del vehículo, el régimen de

carga y velocidad, el tipo de vía, su estado, la pendiente, las intersecciones e interferencias al movimiento, las curvas, los parámetros medioambientales, la velocidad del viento y el propio conductor y su experiencia y pericia, entre otros (Akcelik, 1983; Biggs; Akcelik, 1985; Bowyer, 1986; Barnes, 1988; Baranouski y Millo, 1989<sup>2</sup>; Du Plessis, 1990; Cáncer, 2003; Casey, 2011).

<sup>1</sup> MALAJOVA, N.: Curso de economía y planificación del transporte automotor, Ministerio del Transporte, La Habana, Cuba, 1989.

<sup>2</sup> BARANOUSKI, V.; V. MILLO: Explotación Técnica, vol. I, II y III, pp. 350, Cienfuegos, Cuba, 1989.

Durante milenios, el hombre ha soñado con un medio de transporte capaz de desplazarle de origen a destino a través de los distintos medios físicos superando los obstáculos naturales; pero tal tipo de transporte no existe. Ante tal circunstancia, se ha tratado de progresar en lo que se denomina transporte combinado y que consiste en el transporte de origen a destino (Kolsrud, 1985<sup>3</sup>; Malajova, 1989; Du Plessis, 1990; Durán, 2010).

A fines de los años 60 comenzaron en Cuba los estudios de las cadenas de transportación de carga con un enfoque más integral que el desarrollado hasta entonces y que se basaba, esencialmente, en el análisis de las cuestiones referentes a las empresas transportistas (Biar, 2003; Ramos, 2004<sup>4</sup>).

En esa etapa se realizaron varias investigaciones sobre el transporte de los combustibles en las cuales se comenzaba a integrar la compleja problemática de los intereses de las empresas suministradoras, comerciales y destinatarias (Biar, 2003; Cáncer, 2003; Ramos, 2004).

El objetivo principal del trabajo es realizar un análisis energético en el parque de camiones encargados de trasegar combustible en la provincia de Granma, realizando un estudio sobre los factores que influyen en los gastos de combustibles, determinar en cuál de ellos puede influir y las medidas para el aseguramiento de la calidad de estos factores factibles a ser controlados.

## MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en la Empresa Comercializadora de combustibles de Granma (Depósito 645 Bayamo), la misma está ubicada en la carretera Tunas km 1 Reparto Francisco Vicente Aguilera en el municipio Bayamo provincia Granma, para la realización de este trabajo se utilizó la metodología para la determinación de los consumos de combustibles para el cumplimiento de las tareas de producción, de los autores Bowyer et al., (2006).

### Antecedentes

#### Situación de la distribución de combustibles en la provincia

La Empresa Comercializadora de Combustible de la Provincia Granma (Depósito 645), tiene como misión principal la comercialización y almacenamiento de combustibles de la provincia, ya sea en la red mayorista como minoristas.

Los productos que comercializa la empresa son: GLP (gas licuado del petróleo), diesel, gasolina, querosina, alcohol, nafta, mezcla y fuel oil. Para la entrada de estos productos la provincia cuenta con dos fundamentales de combustibles: por

vía automotor, directa al cliente y la otra por el ferrocarril, directa al depósito.

La empresa comercializó como promedio hasta el mes de abril 36 553 377 L de combustibles, de ellos 35 417 799 por vía ferroviaria y 11 355 5978 por vía automotor.

Para cumplimentar la misión se cuenta con un parque total de 41 equipos, de ellos: 10 cuñas tractoras, 16 camiones rígidos cisternas, 7 camiones de triple tracción cisternas, 8 camiones plataformas, 11 semi-remolques cisternas y 2 semi-remolques plataformas; el Coeficiente de Disposición Técnica (CDT) del parque se mantiene alrededor de un 73%, de un plan de igual valor.

De las cuñas tractoras 8 son utilizadas para el transporte de combustibles desde Santiago de Cuba a clientes y desde el depósito a clientes de la provincia, las 2 restantes son utilizadas para el transporte de GLP envasado. Su CDT está en 51,97%.

Los camiones rígidos se utilizan para la distribución de todos los productos. Su CDT se encuentra en 76,77%.

Los camiones rígidos de triple acción se utilizan para la distribución de productos domésticos (querosina y alcohol), productos que son distribuidos fundamentalmente en zonas del plan turquino y difícil acceso. Su CDT se encuentra en 68,73%.

Los camiones plataforma se emplean para la distribuir GLP envasado de todo el territorio. Su CDT se encuentra en un 72,80%.

#### Indicadores de consumo de combustible

La economía de consumo de combustible es el conjunto de cualidades que definen el consumo de combustible durante el trabajo de los vehículos en las diferentes condiciones de explotación.

Por economía de consumo de combustible se entiende, la capacidad del vehículo de cumplimentar el trabajo de transporte en las condiciones reglamentadas con las mínimas pérdidas posibles de combustible.

Como indicadores fundamentales del consumo de combustible, en la mayoría de los vehículos se determinan: el consumo recorrido (Q), el consumo recorrido específico (Q<sub>e</sub>), los mismos se determinan según la metodología planteada por Chudakov (1987) y Cogollos (1998)<sup>5</sup>.

#### Factores que influyen en el consumo de combustible

El consumo de combustible durante el trabajo de un vehículo, en diferentes condiciones de explotación y con regímenes de trabajo diferentes, es difícil de pronosticar dado el gran número de factores de los que depende el mismo (Tabla 1) (Chudakov, 1987; Barth & Mathew, 2009<sup>6</sup>).

<sup>3</sup> KOLSRUD, B.: "Speeds in Rural Traffic. The Influence of Various Factors on Cars Speeds on Straight", Research Report. Swedish Road and Traffic Research Institute, 4: 6-8, 1985.

<sup>4</sup> RAMOS, J.: Evaluación de indicadores de la dinámica y de consumo de combustible en las principales vías de la provincia de Granma., Tesis en opción al grado científico de Master en Eficiencia Energética, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba, 2004.

<sup>5</sup> COGOLLOS, J.: Efecto del Tratamiento magnético del Combustible en la Eficiencia de los Motores Diesel, Tesis en opción al grado científico de Dr. En Ciencias Técnicas, ISPJAE, La Habana, Cuba, 1998.

<sup>6</sup> BARTH, M.; U. MATHEW: Modelling Energy and Emissions from Heavy Duty Diesel Vehicles, University of California USA: 2009.

**TABLA 1. Factores más importantes que influyen en el consumo**

CONSTRUCTIVOS	VÍA	VEHÍCULO – VÍA	EXPLOTACIÓN
Motor	Pendientes	Rodadura	Años de explotación
Embrague	Curvas	Ciclo de viaje	Calidad MT y RC
Transformador de par	Rugosidad	Tráfico	Régimen de carga
Puente propulsor.	Tipo de recubrimiento	Equipos no motorizados	Velocidad
Peso	Ancho		Ciclo de viaje
Velocidad máxima	Líneas férreas		Estado técnico
Aerodinámica	Entronques		Chofer
Remolque	Poblados		Clima
Rodadura	Tráfico		

**Obtención de la información de las características de las principales vías de la provincia de Granma**

Para la confección de la base de datos de las características de las vías fueron empleados varios métodos según el parámetro específico.

Para la determinación de la pendiente se utilizó la base de datos del levantamiento topográfico de las vías donde se utilizaron varios instrumentos de medición, incluyendo niveles de alta precisión con menos de un milímetro de error. La pendiente se calculó dividiendo la altura (desnivel) por la distancia x 100.

Para el caso de la medición de las curvas se determinaron previamente varios parámetros como son: ángulo de inflexión, cuerda máxima, desarrollo externa, grado de curvatura, media-

na, punto de comienzo, punto de terminación, punto vértice, radio de curvatura y la tangente.

Los radios de las curvas que son los de mayor influencia en el perfil de velocidad fueron comprobados varios valores de las bases de datos de Granma obteniéndose errores menores de un 2% por lo que se consideró adecuada para el procesamiento realizado (Figura 1).

**Todas las vías estudiadas son de asfalto**

Las restantes características de las vías estudiadas se realizaron mediante medición directa en las mismas, o sea límites de velocidad, paradas obligatorias, entronques, poblados y demás observaciones.

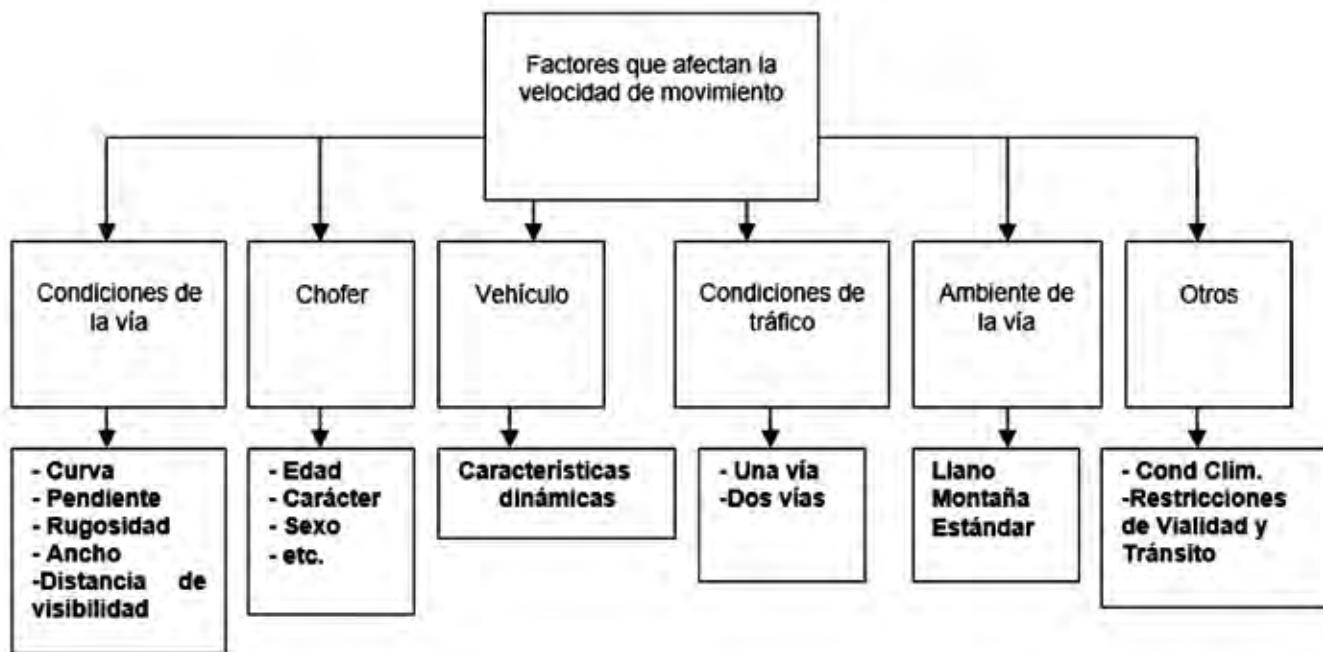


FIGURA 1. Factores que afectan la velocidad de movimiento.

**Medición de la cantidad de combustible consumido**

Para determinar la cantidad de combustible gastado en las diferentes actividades se utilizó la metodología propuesta por Ramos (2004) (Tabla 3).

Para el análisis estadísticos de los datos obtenidos se utilizó la ecuación propuesta por González (1999) y cuando existieron diferencias entre las medias fueron comparadas por la prueba múltiple de media de Duncan para P<0.05 comparando cada carro por su línea. Después de haber comparado con las respuestas teóricas de normalidad y homogeneidad de varianza (Tabla 4).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**TABLA 2. Resultados de las mediciones de consumo**

Equipos	Marca	Pruebas	Norma real			Norma del 2010
			km ·L <sup>-1</sup>	L ·100 km <sup>-1</sup>	L ·km <sup>-1</sup>	
5620	Internacional	1	5	20	0,2	3,9
		2	473	21,1	0,21	
		3	4,85	21,8	0,21	
		4	3,52	28,4	0,28	
5621	Internacional	1	4,09	24,4	0,24	3,9
		2	5,16	19,3	0,19	
		3	5,16	19,3	0,19	
		4	4,3	23,2	0,23	
5521	Internacional	1	4,4	22,7	0,22	3,9
		2	3,46	28,8	0,28	
		3	3,88	25,7	0,25	
		4	3,46	28,8	0,28	
1313	DAF	1	2,33	42,8	0,42	2,4
		2	2,63	39,2	0,39	
		3	1,18	45,4	0,45	
		4	2,55	39,2	0,39	

**TABLA 3. Procesamientos estadísticos**

Camiones	Δ n	ES	Cv (%)	Significativo
5620	0,14 ± 0,001	±0,32	9,3	c
5621	0,2 ± 0,001	±0,32	9,3	b
5529	0,03 ± 0,002	±0,32	9,3	a
1313	0,12 ± 0,0012	±0,009	2,5	a

Leyenda: Δn - Desviación típica de las normas reales de consumo; ES - Error estándar; Cv - Coeficiente de variación.

Se utilizó la ecuación de corrección de errores siguiente:

$$\Delta n = \frac{n_R - n_r}{n_R}$$

La desviación típica de las normas reales de consumo da a conocer el grado de precisión en que estas varían, en este caso para los internacionales se encuentran en 0,14±0,001; 0,2±0,001 hasta 0,003±0,001 y en el DAF fue de 0,12±0,0012.

El error estándar es el grado de error que ocurrieron durante las pruebas realizadas, en ±0,32, es malo para los Internacionales y ±0,009 en el DAF, es bueno.

El coeficiente de variación demuestra la medida en que varían los índices de consumos, para los internacionales es alta debido a que los índices reales son superiores a los obtenidos de años anteriores y se comporta en un 9,3%, no siendo así en el caso del DAF que se encuentra bajo comparándolo con el índice comparado anteriormente, resultados similares fueron alcanzado por Biezborodova (1995); Luk; & Akcelik (2003); Marsonet (2012).

Partiendo del análisis estadístico podemos plantear que se obtuvo diferencias de consumos en las diferentes líneas de equipos, comportándose de la siguiente forma:

En los camiones Internacionales DT 466 los índices fueron: para el 5620 de 4,54 km·L<sup>-1</sup> (22,8 L·100 km<sup>-1</sup> ó 0,22 km·L<sup>-1</sup>); el 5621, 4,88 km·L<sup>-1</sup> (21,5 L·100 km<sup>-1</sup> ó 0,21 km·L<sup>-1</sup>); y el 5592, 3,80 km·L<sup>-1</sup> (26,5 L·100 km<sup>-1</sup> ó 0,25 L·km<sup>-1</sup>). Se demostró que

existe diferencias entre los índices actuales, aunque comparándolos con los utilizados anteriormente existen diferencias de consumos entre 0,64; 0,98 y 0,1 km·L<sup>-1</sup> respectivamente con respecto a los índices de consumo que se utilizaba en la empresa que es de 3,9 km·L<sup>-1</sup>.

Esta distorsión de los datos se debe fundamentalmente a los siguientes factores: mal estado técnico, fallas operacionales en la explotación de los vehículos, mal estado técnico de las vías, así como irregularidades en las carreteras de Santiago de Cuba y Manzanillo fundamentalmente y violaciones en la calidad de los mantenimientos.

El índice de consumo del DAF 95 fue de 2,17 km·L<sup>-1</sup> (41,6 L·100 km<sup>-1</sup> ó 0,41 km·L<sup>-1</sup>); Se comprobó que el mismo se encuentra cerca del índice de consumo de los años anteriores en la empresa de 2,4 km·L<sup>-1</sup> obteniéndose una pequeña diferencia de 0,23 km·L<sup>-1</sup>, aunque estadísticamente no es tan marcada, cuando comparamos durante un año de trabajo de este camión las diferencias en litros matemáticamente es considerable.

Otras de las principales causas que incidieron de forma general en estos resultados fueron que en los índices establecidos por la empresa no se tiene en cuenta las características de las vías; solo se refieren para la planificación del combustible la cantidad de kilómetros recorridos entre el combustible consumido, además de la demora en el tiempo de descarga cuando se utilizan directamente los vehículos para bombear el combustible hacia los depósitos en algunas entidades que no cuentan con una

estación de bombeo, así como las imprecisiones que ocurren en algunos viajes a la hora de la distribución del combustible en la provincia.

Para corroborarlas las incidencias que tienen las características de las vías, el trabajo muestra un análisis muy importante si comparamos los índices de consumo (así se muestra en la

observación) los mayores corresponden al desplazamiento de los vehículos por las vías Bayamo-Manzanillo-Niquero y Bayamo-Santiago de Cuba.

Para tener una idea de los consumos de combustibles en las diferentes líneas de equipos, se muestran en la Tabla 4 los índices de consumos.

**TABLA 4. Comparación entre las líneas de equipos evaluadas**

Marca	Equipos	Índices de consumos		
		km · L <sup>-1</sup>	L · 100 km <sup>-1</sup>	L · km <sup>-1</sup>
<b>Internacional</b>	5620	4,54	22,8	0,22
	<b>DT466</b>	5621	4,88	21,5
<b>DAF 95</b>	5529	3,80	26,5	0,25
	1313	2,17	41,6	0,41

## CONCLUSIONES

- Existe diferencia en los índices de consumo en las pruebas realizadas este año en relación con los que se valoraban en la empresa en años anteriores.
- En los camiones internacionales DT 466 objetos de estudio, los indicadores de consumo fueron: para el 5620, 4,54 km · L<sup>-1</sup> (22,8 L · 100 km<sup>-1</sup> ó 0,22 L · km<sup>-1</sup>); el 5621 de 4,88 km · L<sup>-1</sup> (21,5

L · 100 km<sup>-1</sup> ó 0,21 L · km<sup>-1</sup>); y el 5592, de 3,80 km · L<sup>-1</sup> (26,5 L · 100 km<sup>-1</sup> ó 0,25 L · km<sup>-1</sup>).

- En el DAF 95 fue de 2,17 km · L<sup>-1</sup> (41,6 L · 100 km<sup>-1</sup> ó 0,41 L · km<sup>-1</sup>).
- En las marcas de equipos analizadas no se tuvo en cuenta las características de las vías para establecer los índices anteriores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEJÓN, M.: "El Transporte en la sociedad actual", *Salvat Editores, S.A. Principe de Vergara*, ISSN: 0028-1336, 32: 4-20, 1999.
- AKCELIK, R.: "Progress in Fuel Consumption Modelling for Urban Traffic Management", *Australian Road Research Board. Research Report ARR*, ISSN: 0572-144X, 124: 1983.
- BARNES, A.: "Speed Management Strategy for New Zealand Roads", *Proc. Road Traffic Safety Research Council*, ISSN: 0028-808X, 2 (230): 1988.
- BIART, H.: "La red férrea de Cuba", *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*, ISSN: 1025-4838, 23 (1): 51-57, 2003.
- BIEZBORODOVA, G.: *Economía de consumo durante la conducción de los automóviles*, 2da ed, Kiev, Ucrania, 1995.
- BIGGS, C.; R. AKCELIK: "Further work on modelling car fuel consumption", *Australian Road Research*: ISSN: 0572-144X, 15: 46-49, 1985.
- BOWYER, D.: "Guide to Fuel Consumption Analyses for Urban Traffic Management", *Australian Road Research Board*, ISSN: 0572-144X, 32: 120, 1986.
- BOWYER, D.; R. AKCELIK; D. C. BIGGS: "Guide to Fuel Consumption Analyses for Urban Traffic Management", *Australian Road Research Board*, ISSN: 0572-144X, 32: 2006.
- CÁNCER, L.: "Transporte de líquidos en carros cisternas", *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*, ISSN: 1025-4838, 3 (277): 2003.
- CASEY, R.: "Handbook for Purchasing a Small transit vehicle", *Department of Transportation Commonwealth of Pennsylvania*, ISSN: 1073-4872, 140, 2011.
- CHUDAKOV, D.: *Fundamentos de la teoría y cálculo de los tractores y automóviles*, 400pp., Editorial MIR. Moscú, URSS, 1ra. ed., 1987.
- DU PLESSIS, H.: "Fuel Consumption of Vehicles as Affected by Road-surface Characteristics. Surface Characteristic of Roadways", *American Society for testing and Materials. International Research and Technologies*: ISSN: 0518-0728, 480-496, 1990.
- DURÁN, J.: *Maquinaria Agrícola, Novocat, segadoras frontales*, [en línea] Disponible en: <https://www.serina.es/escaparate/verproducto.cgi?idproducto> [Consulta 15 mayo 2014].
- GONZÁLEZ, R.: "Nuevas formas estadísticas para comparaciones múltiples de medias de datos no obtenidos de diseño", *INMA*, ISSN: 1021-7444, 3 (1): 32, 1999.
- LUK, J.; R. AKCELIK: "Predicting Area Traffic Control Performance with Transyt and an Elemental Model of Fuel Consumption", *Australian Road Research Board*, ISSN: 0572-144X, 12 (4): 87-101, 0572-144X, 2003.
- MARSONET, A.: *Costos del Transporte Automotor de carga*, [en línea] Disponible en: <http://fce.uncu.edu.ar/investigacion.pdf> [Consulta 22 Noviembre 2013].

**Recibido:** 22/07/2014.

**Aprobado:** 08/01/2015.

**Publicado:** 15/02/2015.

*Idalberto Macías Socarrás*, Profesor auxiliar, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba, Correo Electrónico: [imaciass@udg.co.cu](mailto:imaciass@udg.co.cu)

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.