



COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS
Y DE ARQUITECTOS DE COSTA RICA

N° 0333-10/11-JDG
26 de enero de 2011



Ingeniero
Olman Vargas Zeledón
Director Ejecutivo

Estimado ingeniero:

A continuación le transcribo el acuerdo N° 24, tomado en la sesión de Junta Directiva General N° 09-10/11-G.O. el 11 de enero de 2011:

“Acuerdo N° 24:

Se aprueba la versión final del “Reglamento técnico para la realización de estudios de conversión y/o modificación de vehículos de carga” presentado por la Comisión Bipartita CIEMI-CITEC, de conformidad con el oficio N°0160-2010-SDEP de la Subdirección de Ejercicio Profesional:

**“REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE CONVERSION y /o MODIFICACIÓN DE VEHICULOS DE CARGA
Aspectos Generales**

1-Objetivo.

El objetivo de este Reglamento Técnico es establecer los estudios técnicos mínimos que debe realizar los ingenieros específicamente autorizados por el CFIA, para garantizar que un vehículo que va a ser modificado, con el objeto de variar substancialmente su uso, su capacidad de carga o las características dimensionales, cumpla su nueva función en forma segura y eficiente. Todo según lo establecido en el Decreto Ejecutivo N° 31363-MOPT.

2-Ámbito de acción.

Este Reglamento se aplica a todos aquellos trabajos de consultoría en los cuales se modifica substancialmente, según lo establecido por la autoridad competente, un vehículo de transporte de carga por vías terrestres, excepto por tren. Todo según lo establecido en el Decreto Ejecutivo N° 31363-MOPT.

El alcance de los estudios deberá ser acorde al tipo de modificación o conversión a realizar.

3- Definiciones.

3.1. *Angulo de despegue: es el ángulo formado por la horizontal de la carretera con el punto de contacto de la última llanta y el último punto trasero más bajo del vehículo.*

3.2. *Bastidor: Es uno de los componentes que determina la capacidad de carga del vehículo. Está compuesto normalmente por dos largueros longitudinales los cuales poseen características de resistencia tanto a la flexión como a la torsión, y un conjunto de travesaños distribuidos a todo lo largo de los largueros.*

3-1. *Camión: Vehículo con tracción propia no articulado destinado al transporte de Bienes.*

3-2. *Capacidad de arrastre: Capacidad del vehículo automotor, basado en los parámetros de diseño, construcción y especificaciones del fabricante, necesaria para halarse a sí mismo y a otro vehículo.*

Tel.: (506) 2202-3900
Fax: (506) 2224-9774
Apdo. 2346-1000 C.R.
www.cfia.or.cr

- 3-3 Carga útil: Diferencia entre el Peso Máximo Autorizado (PMA) y el Peso Vacío (tara) del vehículo de carga; su determinación depende, a su vez, de la ubicación de sus diferentes ejes con respecto a la superficie prevista para colocar la carga o las personas y las características técnicas del vehículo.
- 3-4. Chasis: estructura principal del vehículo donde se sujetan los distintos componentes como ; eje delantero y trasero ,suspensión delantera y trasera, motor , caja de cambios , barras de transmisión, sistema de escape, sistema de frenos, sistema de combustible, caja de dirección, cabina de conductor dependiendo si es para un camión o un autobús.
- 3-4. Eje de tracción: Transmite la potencia del motor a la superficie de rueda.
- 3-5. Infraestructura vial: Puentes, carreteras y otras obras que conforman una vía pública.
- 3-6. Longitud: Dimensión total del vehículo o combinación de vehículos en el sentido longitudinal, desde la parte anterior a la posterior, incluyendo cualquier carga y los dispositivos para protegerla y sujetarla.
- 3-7. Llanta: aditamento de caucho especial reforzada, unida a un aro.
- 3-8. Peso: Fuerza de atracción terrestre sobre los cuerpos, la cual es directamente proporcional a la masa y a la aceleración de la gravedad.
- 3-9. Peso Bruto Vehicular (PBV): Peso conformado por el Peso Vacío del vehículo y/o combinación de vehículos y el peso de la carga, el PBV es estipulado por el fabricante. Cuando se trate de vehículos que hayan sufrido modificaciones en su estructura o condiciones mecánicas, dicho peso se debe certificar de acuerdo a lo establecido en el presente Reglamento.
- 3-10. Peso de la carga: Peso efectivo de la carga transportada. En el caso del transporte de contenedores se incluye además de los bienes, el peso del recipiente.
- 3-11. Peso Máximo Autorizado (PMA): El mayor peso en carga con que se permite la circulación normal de un vehículo.
- 3-12. Peso por eje: El peso que gravita sobre el suelo, transmitido por la totalidad de las ruedas acopladas a ese eje.
- 3-13. Remolque: Vehículo sin tracción propia destinado al transporte de Bienes para ser arrastrado por otro vehículo con tracción propia.
- 3-14. Remolque liviano (RL): Vehículo destinado al transporte de Bienes, cuyo Peso Máximo Autorizado no exceda de 750 kilogramos, sin tracción propia, construido para ser arrastrado por un automóvil mediante un vínculo unidireccional.
- 3-15. Semirremolque (S): Vehículo sin tracción propia construido para ser acoplado a un tractocamión o cabezal mediante una articulación como vínculo de acople, de tal manera que una parte sustancial de su peso y de su carga repose parcialmente sobre éste.
- 3-16. Remolque pesado (R): Remolque cuyo Peso Máximo Autorizado excede los 750 kilogramos, construido para ser arrastrado por un vehículo automotor mediante un vínculo longitudinal.
- 3-17. Suspensión: Aquel sistema que permita atenuar los efectos de las irregularidades de la vía y contribuya a la adherencia y estabilidad del vehículo.
- 3-18. Tonelada [Ton.]: Unidad de peso conocida como Tonelada Métrica; equivalente a mil kilogramos fuerza: 1000 kg_F; 9,8 kN (2,2 kips o 22 quintales).
- 3-19. Vehículo: Cualquier medio de transporte utilizado para trasladar personas y/o bienes.
- 3-20. Tractocamión o cabezal: Vehículo automotor al cual se acoplan los semirremolques vinculados entre sí mediante una articulación.
- 3-21. Vehículo automotor: Vehículo provisto de un dispositivo mecánico de autopropulsión.
- 3-22. Combinación de vehículos: Unión de uno o dos vehículos sin tracción propia (sin motor) a un vehículo automotor.
- 3-23. Vehículo articulado: Vehículo compuesto por un cabezal y uno o dos semirremolques que son arrastrados por el primero, unidos mediante una articulación que, además de vincularlos, permite la transmisión de carga.

- 3-24. Vehículo de carga: Vehículo automotor concebido y construido para el transporte de Bienes, y algunas veces de Bienes y personas.
- 3-25. Vehículo de carga liviana: Vehículo automotor diseñado y utilizado para el transporte de carga, cuyo peso máximo autorizado sea inferior a 8 000 kg (8 ton).
- 3-26. Vehículo de carga pesada: Vehículo automotor diseñado y utilizado para el transporte de carga, cuyo peso máximo autorizado sea de al menos 8 000 kg (8 ton).

ANÁLISIS TÉCNICO

1- Características generales.

Una vez, modificado el vehículo se debe verificar que cumpla con las regulaciones establecidas en la Legislación Nacional vigente (tales como Ley de Tránsito, y su Reglamento Decreto 31363-MOPT, Decreto 17266-MOPT, entre otros); así mismo, deben cumplir con lo establecido por las Normas Técnicas que rigen las buenas prácticas de ingeniería.

2- Tren de fuerza.

Es el conjunto generalmente compuesto por el motor y sus equipos auxiliares, la caja de cambios y sus equipos auxiliares, la barra de transmisión, los diferenciales de los ejes, los ejes de tracción y las ruedas motoras. El tren de fuerza debe ser un conjunto armónico que le permita al vehículo desempeñar su función en forma segura y eficiente. Para que se dé esta condición, se debe verificar como mínimo que:

2-1 La magnitud de torque que es capaz de soportar cada uno de los componentes en forma individual sea superior al torque máximo a que será sometido el conjunto. Lo anterior con el fin de evitar que alguno de los componentes falle en una situación crítica poniendo en peligro vidas humanas.

2-2 El vehículo, incluyendo el remolque o el semiremolque si fuese el caso, tenga una gradeabilidad tal que sea capaz de superar una pendiente, expresada como porcentaje, mínima de 38 % partiendo desde una velocidad de cero. Calculada mediante la norma SAE J688 u otra norma similar avalada a nivel internacional. Para el cálculo de la misma se deben tomar en cuenta factores como:

- Curva de potencia y torque versus revoluciones del motor, (Curvas características del motor de potencia neta según SAE J1349 u otra norma similar avalada a nivel internacional. Si se utilizan las curvas de potencia bruta SAE J1995 u otra similar avalada a nivel internacional se aplicará un valor de pérdidas, por accesorios del motor, equivalente a 15 %.)
- Relaciones de cada una de las marchas de la caja de cambios.
- Relación del diferencial.
- Diámetro de llantas.
- Peso bruto vehicular.
- Altura sobre el nivel del mar (altitud).
- Velocidad.
- Pérdidas de potencia por fricción y por equipos auxiliares.

Lo anterior con el fin de asegurar el correcto desempeño del vehículo en condiciones montañosas.

2-3 La potencia mínima que debe suplir el motor, para lo cual se deben tomar en cuenta factores como:

- resistencia al rodamiento.
- pérdidas por accesorios.
- pérdidas por resistencia del aire.
- pérdidas por altitud y todos aquellos otros factores que puedan disminuir la potencia disponible bajo condiciones críticas.

Dicha potencia debe ser la adecuada para movilizar la carga con seguridad y eficiencia.

2-4 El vehículo sea capaz de desarrollar al menos una velocidad de 35 km/h al subir una pendiente de 8 %.

2-5 El vehículo sea capaz de desarrollar al menos una velocidad de 85 km/h en una pendiente de 0 %.

2-6 Se deberá verificar que el vehículo tenga la adecuada capacidad de arrastre, en el caso pertinente, estableciéndose la misma como la adecuada combinación entre gradeabilidad, potencia requerida del motor, velocidad mínima de operación y capacidad de frenado.

2-7 Se deberá limitar la capacidad de carga del vehículo para que la misma no haga que se sobrepasen los requisitos técnicos vigentes antes mencionados.

3- Chasis.

Se denomina chasis de un vehículo al conjunto de miembros estructurales que permiten soportar la carga, manteniendo la estabilidad dimensional necesaria. El chasis está compuesto principalmente por dos vigas longitudinales y dos o más vigas transversales.

Como resultado de la aplicación de fuerzas verticales y laterales, el vehículo se ve sometido a deflexión y torsiones que deben ser absorbidos por el chasis.

3-1 Se debe verificar que el chasis sea capaz de deflectarse estáticamente, no más de un 35 % de su máxima deformación elástica y en casos de trabajo muy severo, como por ejemplo en vagonetas, camiones madereros, equipos para el transporte de maquinaria pesada, etc., no más de un 20 %. Para el cálculo se deben tomar en cuenta el material, el tipo y dimensiones de la viga, y el tipo y magnitud de la carga a que está sometido cada componente del chasis.

Debido a que los miembros transversales además de servir como soporte de los diferentes componentes como el motor, la caja de cambios, la barra de transmisión, etc., sirve para mantener la integridad dimensional y evitar la tendencia al paralelogramismo del chasis, se deberá verificar que se seleccione el tipo de viga transversal más adecuado para cada lugar del chasis.

3-2 Se deberá verificar también que el momento flector estático máximo que es capaz de soportar el chasis cumpla con un factor de seguridad de tres con respecto al momento flector estático a que será sometido el chasis en su nueva aplicación. En caso de que se requiera máxima seguridad por el tipo de aplicación, como por ejemplo en vagonetas, camiones madereros, equipos para el transporte de maquinaria pesada, etc., este factor deberá ser de cinco.

3-3 Además se deberá verificar la capacidad de los componentes del chasis, previniendo que estos se colapsen debido a la aplicación de esfuerzos concentrados. Estos esfuerzos se presentan debido a cargas puntuales diferentes a la carga útil.

3-4 Cuando se realicen modificaciones a la longitud del chasis, se deberá verificar que la resistencia de la unión (entendiendo esta como el conjunto compuesto por soldadura, refuerzos, etc.) no sea menor de 2 veces la resistencia del material del chasis.

3-5 Se debe verificar que el ángulo de despegue, o sea el ángulo formado por la horizontal y el punto trasero más bajo con vértice en el punto de contacto de la última llanta, no sea menor de 10 ° cuando se use sobre carreteras y 20 ° cuando se use fuera de carreteras.

3-6 Se deberá limitar la capacidad de carga del vehículo para que la misma no haga que se sobrepasen los requisitos técnicos vigentes antes mencionados.

4- Conjunto de ejes, llantas y suspensión.

4-1 Ejes

4-1-1 Se debe verificar que los ejes del vehículo sean aptos para su nueva función tomando en cuenta los siguientes factores:

■ *Peso bruto vehicular.*

■ *Tipo de terreno en el que va a ser usado principalmente el vehículo.*

- *Velocidad de crucero.*
 - *Tamaño y capacidad de las llantas.*
 - *Tamaño y capacidad de los aros (rines).*
 - *Relación del diferencial requerido.*
 - *Relaciones de la caja de cambios.*
 - *Torque y velocidad de rotación del motor.*
 - *Capacidad de arrastre.*
- 4-1-2 *Además, es muy importante tener en cuenta la carga sobre el suelo para que la misma este acorde con la legislación nacional vigente. En ningún caso, se deberá exceder los límites establecidos por el fabricante de los ejes.*
- 4-2 *Llantas*
- 4-2-1 *Las llantas deberán tener mayor capacidad que la carga que deben soportar, según las especificaciones dadas por el fabricante de las mismas, entre las cuales están la capacidad de carga a la adecuada presión de inflado. Además, deberán estar en buen estado y con un desgaste no inferior al mínimo establecido en la Legislación Nacional vigente. Todas las llantas de un mismo eje deberán ser del mismo tipo y tamaño.*
- 4-2-2 *El tipo de llantas deberá ser el adecuado para garantizar la seguridad de la operación, acorde con el nuevo uso que se le dará al vehículo.*
- 4-3 *Suspensión.*
- 4-3-1 *Se deberá verificar que la suspensión sea la adecuada para la nueva función, tomando en cuenta los siguientes factores:*
- *Capacidad de soporte de la carga.*
 - *Proveer la adecuada estabilidad y minimizar los riesgos de vuelco.*
 - *Capacidad de transmisión de la fuerza de frenado y tracción hacia el bastidor.*
 - *Capacidad del eje y la llanta para adaptarse al perfil del camino.*
 - *Que exista una adecuada concordancia entre las condiciones de trabajo cuando el vehículo se opera cargado y descargado.*
 - *Minimizar el desgaste de las llantas*
 - *Suavidad y comodidad de manejo.*
 - *Adecuada tracción efectiva durante los virajes.*
 - *Asegurar el correcto alineamiento de la barra de transmisión.*
- 4-3-2 *La suspensión podrá ser modificada pero no se podrá exceder la capacidad dada por los fabricantes de los ejes ni la capacidad de soporte de carga del bastidor, evitando así daños mayores por sobrecarga del vehículo.*
- 4-3-3 *Se deberá analizar y seleccionar adecuadamente el tipo, forma, dimensiones y otras características de la suspensión, garantizando que estén acordes a su nueva función.*
- 4-8 *Se deberá limitar la capacidad de carga del vehículo para que la misma no haga que se sobrepasen los requisitos técnicos vigentes antes mencionados.*

5- Frenos.

Se deberá verificar que el sistema de frenos sea el adecuado para:

- 5-1 *Ser capaz de controlar y disminuir la velocidad del vehículo hasta lograr una parada total. Ver Tabla No 1.*

*Tabla N°1
Pruebas de eficiencia de frenado*

Distancia máxima de frenado en metros (m).

	Desde 32 km/h	Desde 80 km/h	Desde 97 km/h
Carga liviana	7,6		79
Carga pesada	10,7	67	
Articulados y conjunto con remolque	13,7	67	

- 5-2 Proveer una adecuada compatibilidad en la capacidad de frenado de todos los ejes. Lo anterior con el fin de evitar distorsiones durante el frenado que alteren la capacidad de conducción y control del vehículo. No se deberán mezclar sistemas de frenado en cada uno de los ejes.
- 5-3 Se deberá verificar cuantitativamente que el sistema integral de frenos provea el suficiente torque para detener y disminuir la velocidad del vehículo, acorde a sus nuevas funciones. Tomando en cuenta el tipo de frenos, su medio de transmisión de fuerza y sus elementos de fricción (verificado mediante una prueba de un frenómetro debidamente calibrado).
- 5-4 Se deberá verificar que el diseño y los elementos del sistema de frenos sean los adecuados para asegurar la disipación del calor producido por el proceso de frenado, acorde a las nuevas funciones del vehículo.
- 5-5 El sistema de freno de estacionamiento deberá ser capaz de mantener inmóvil el vehículo en una pendiente de 18 %.
- 5-6 Todos los remolques y semirremolques con un peso bruto vehicular mayor de 750 kg deberán contar con un sistema de frenos propio, activado desde el vehículo automotor, capaz de detener efectivamente la unidad. En los semirremolques y remolques livianos, el vehículo automotor deberá tener un sistema de frenos, capaz de detener con seguridad no solo al vehículo automotor a plena carga sino que también al vehículo enganchado.
- 5-7 Se deberá limitar la capacidad de carga del vehículo para que la misma no haga que se sobrepasen los requisitos técnicos vigentes antes mencionados.

6- Distribución de pesos.

La posición de la carrocería, los equipos que conforman la sobre-estructura y la carga, sobre el vehículo, son determinantes para conocer el centro de gravedad y el centro de carga útil del vehículo. Los valores de esos vectores son de uso obligatorio para determinar la distribución del peso del vehículo a fin de asegurar que:

- No se exceda la capacidad técnica de carga del vehículo dada por el fabricante.
 - No se exceda la capacidad de carga de los puentes.
 - No se exceda la carga por eje sobre las carreteras que produce el vehículo
 - No se excedan los límites de seguridad y buen manejo, con el fin de evitar daños a personas o a la propiedad.
- 6-1 Para el cálculo de la distribución de pesos, se deberán utilizar los conceptos de la ingeniería mecánica y en especial los conceptos de estática y resistencia de materiales.
Para todos los cálculos se debe presumir que la carga está uniformemente repartida sobre la superficie de carga.
El estudio deberá determinar con toda claridad el peso que ejerce el vehículo y su carga en cada uno de los ejes así como el Peso Bruto Vehicular.
- 6-2 Se deberá limitar la capacidad de carga del vehículo para que la misma no haga que se sobrepasen los requisitos técnicos vigentes antes mencionados y los límites dados por la Legislación Nacional vigente al respecto.

7- Carrocería y sobre-estructura.

Se deberá verificar que el vehículo posea las protecciones físicas adecuadas para brindarles al conductor y a los pasajeros protección contra el aplastamiento por vuelco o por impacto de la carga durante el proceso de carga y descarga. Para el cálculo de la resistencia de dichas protecciones se deberá asumir que dichas protecciones deben soportar como mínimo dos veces, el Peso Máximo Vehicular Autorizado.

8- El Informe

8-1- Se deberá aportar un informe final el cual deberá contener como mínimo la información mostrada en el Anexo 1. Se deberán aportar los diagramas dimensionales y de cuerpo libre, y las tablas comparativas necesarias, con el fin de dar claridad a la presentación del estudio.

8-2- A solicitud de las partes y por seguridad de los involucrados: el cliente, el Estado y el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, se deberá entregar la memoria de los cálculos y estudios realizados.

8-3- Se recomienda usar, por seguridad, sello blanco en todos los informes.

9- Referencias.

- Ley de Transito por Vías Terrestres. Nº 7331
- Decreto Nº 31363-MOPT. Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga.
- Decreto Nº 17266-MOPT. Reglamento de Dispositivos de Seguridad en Vehículos Automotores.
- Norma SAE J1995. Gross Power Rating.
- Norma SAE J1349. Net Power Rating.
- Norma SAE J901. Universal Joints and Driveshafts.
- Norma SAE J260. Rear Underride Guard.
- Norma SAE J670e. Vehicle Dynamics Terminology.
- Norma SAE J684. Trailer Couplings.
- Norma SAE J688. Truck Ability Prediction Procedure.
- Norma SAE J695. Turning Ability.
- Norma SAE J992. Brake System Performance.
- Norma SAE J1142. Towability Desing Criteria.
- Motor Truck Engineering Handbook. James William Fitch. ISBN 1-56091-378-9.SAE R-125.
- Brake Design and Safety. Rudolf Limpert. ISBN 1-26091-261-8. SAE R-120.
- Spring Design Manual. SAE Spring Committee. ISBN 1-56091-680-X. SAE AE-21.
- Truck Systems Design Hanbook. ISBN 1-56091-285-5. SAE PT-92/41.

Anexo 1

Contenido mínimo del informe final

Estudio N° _____.

Fecha: _____

Señores:

MOPT

Dirección de Pesos y Dimensiones

Presente.

Estimados señores:

Yo, _____, ingeniero xxxxxxxx, carné: XXX-####, autorizado específicamente por el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, cédula de identidad _____, en base a lo establecido en el Decreto 31363-MOPT, certifico que el vehículo descrito a continuación es apto para transportar, con seguridad, la carga útil abajo indicada.

A- Descripción del equipo.

	Tractor o Camión	Remolque o Semirremolque
Placa		
Marca		
VIN o Serie		
Año		

B- Descripción de la consultoría realizada: (aquí se describe el objetivo de la consultoría)

C- Resultados.

Sobre la base de los estudios realizados según lo establecido en el Reglamento para la Realización de Estudios de Conversión y/o Modificación de Vehículos de Carga, emitido por el CFIA. Se recomienda no se autorice a este vehículo para transportar una Carga Máxima Autorizada, superior a la abajo indicada. Esta recomendación, garantiza que se cumple con los requisitos de seguridad necesarios.

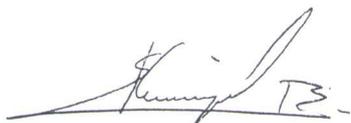
	Tractor o Camión	Remolque o Semirremolque
Peso Vacío (Kg)		
Carga Útil (Kg)		
Peso Max. Autorizado (Kg)		
El Vehículo está limitado por:	(Aquí se describe el factor limitante, en base a los estudios realizados)	(Aquí se describe el factor limitante, en base a los estudios realizados)

	Camión o Tractor			Remolque o semirremolque		
	Eje Delantero	Eje Trasero	Eje Aux.	Eje Delantero	Eje Trasero	Eje Aux.
P. Vacío (Kg)						
C. Útil (Kg)						
P M.A. (Kg)						

Atentamente.

Firma
 Nombre
 Carné CFIA ""

Atentamente,



Karen Esquivel Bolaños
 Secretaria, Junta Directiva General



VSG/KEB

C: Acta