



# 10º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 10)

GT-22 Transporte sostenible

Eficiencia energética y emisiones del transporte

Cristina Gómez Flechoso

Observatorio de la Sostenibilidad en Aviación (OBSA)



22 de noviembre de 2010

# Eficiencia energética y emisiones del transporte

## ÍNDICE

Transporte: ¿Qué es transporte sostenible?

Infraestructuras

Vehículos

Rutas

Tipo de energía y factores de conversión

Emisiones y productos de desecho

Factor de emisión de CO<sub>2</sub>

Transportes sin combustión

Fórmulas homogéneas de cálculo

Funciones de consumo

Función de emisión

Consideraciones especiales

**Transporte = Acción y efecto de trasladar a personas y/o mercancías de un lugar a otro**

**Transporte Sostenible** → Transporte eficiente energéticamente  
→ Transporte con menores emisiones

La actividad del transporte se ve influenciada por:

- Las infraestructuras y las redes que forman
- Los vehículos, tipo de propulsión, capacidad y ocupación
- Las rutas, puntos de origen, final, paradas intermedias, condiciones físicas...

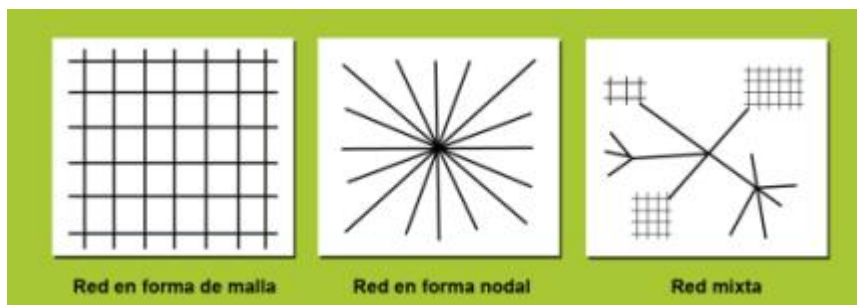
## Infraestructuras

Tipos de infraestructuras:

- Infraestructuras nodales
- Infraestructuras lineales

Tipos de redes:

- Redes en forma de malla
- Redes en forma nodal
- Redes mixtas



## Vehículos

Tipos de propulsión: - Motores eléctricos (energía eléctrica y baterías)  
- Motores de combustión (combustible tradicional y alternativo)

Titularidad: - Vehículos privados  
- Vehículos de transporte público

Elemento transportado: - Transporte de personas  
- Transporte de mercancías  
- Transporte mixto

Características físicas: - Capacidad de transporte  
- Consumo y emisiones del motor

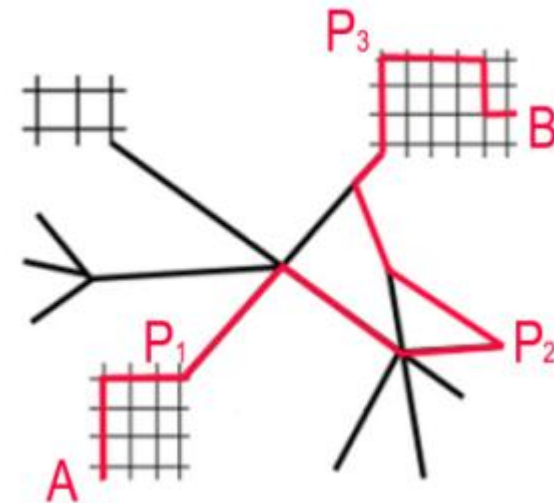
## Rutas

Punto de origen  
Parada 1  
Parada 2  
...  
Parada X  
Punto de destino

}  
Distancia recorrida  
Infraestructura elegida

Tipos de rutas:

- Corta distancia
- Media distancia
- Larga distancia



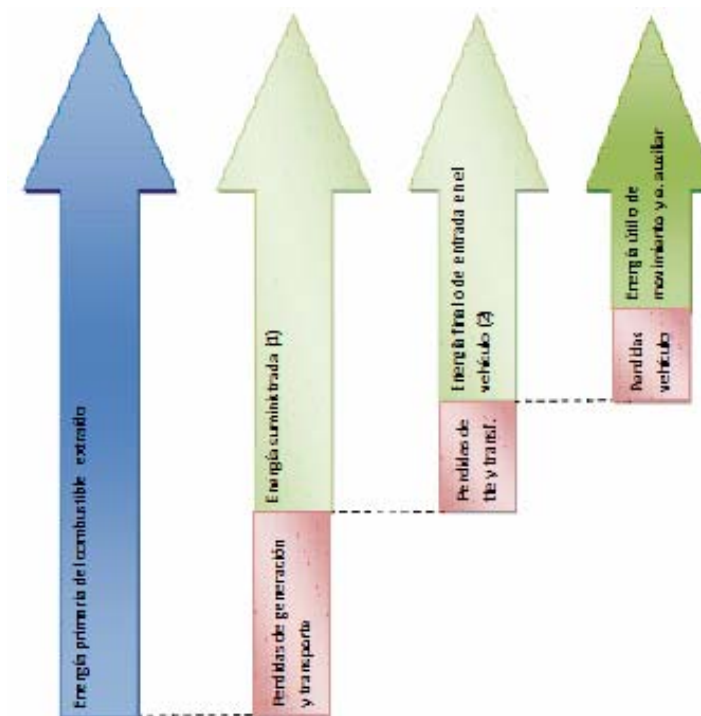
## Tipo de energía empleada y factores de conversión

Energía primaria = E. suministrada + Perdidas de generación

Energía suministrada = E. final + Perdidas de transformación

Energía final = E. útil + Perdidas del vehículo

Energía útil = E. del movimiento + E. auxiliares



**Emisiones y productos de desecho → CO<sub>2</sub> el contaminante estrella**

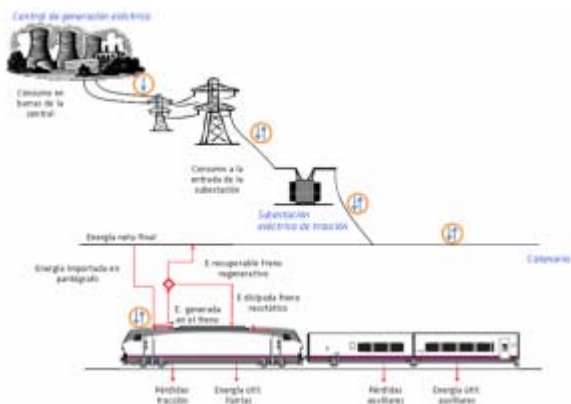
Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)  
Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)  
Sulfatos (SO)  
Partículas en suspensión (PM)  
Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

**Combustión → CO<sub>2</sub> → Efecto invernadero = Calentamiento global**





## Transportes sin combustión → Transporte de energía eléctrica



Año	Hidráulica	Nuclear	Carbón	Fuel	Ciclo combinado	Eólica	Otros
2006	9,34	22,19	24,36	2,18	23,43	8,35	10,18
2007	9,4	19,7	25,8	0,8	24,4	9,4	10,4
2008	7,5	20,6	16,1	0,8	31,8	10,8	12,4
2009	8,8	19,5	12,5	0,8	29,0	13,4	16,0

### Emisiones por cada kWh generado (g/kWh)

Año	CO <sub>2</sub>
1998	349
1999	396
2000	401
2001	357
2002	406
2003	357
2004	351
2005	372
2006	335
2007	343
2008	278
2009	233
<b>Media</b>	<b>348</b>

	Coefficiente de pérdidas en Distrib + Transp	Coefficiente de pérdidas en Red Ferroviaria	Coefficiente de pérdidas Total
2x25kV CA	101,2%	102,2%	103,5%
1x25kV CA	102,3%	103,5%	105,9%
3.000V CC (Cercanías)	105,9%	105,6%	111,8%
3.000V CC (tráfico normal)	105,9%	106,0%	112,2%
1.500V CC	105,9%	110,1%	116,6%
750V CC	105,9%	118,2%	125,2%
600V CC	105,9%	122,0%	129,2%

### Fórmula homogénea de cálculo de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>

- Motivo:
- Información a usuarios del transporte (fórmula de oferta)
  - Comparación multimodal o de distintos vehículos (fórmula de demanda)

#### Fórmula de oferta:

- No estará afectada por la ocupación o configuración del vehículo, pero sí por la comodidad (número de asientos) que el vehículo ofrezca.
- Permitirá al viajero una herramienta para la elección de un vehículo o modo frente a otro.

#### Fórmula de demanda:

- Estará afectada por la ocupación o configuración del vehículo, por lo que permitirá medir la eficiencia del vehículo y del sistema de transporte (Rutas, horarios...).
- Permitirá a la administración o al empresario tener una herramienta para la toma de decisiones de nuevas estrategias en el transporte.

### Fórmula homogénea de cálculo de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>

Para el caso del transporte de pasajeros:

- el vehículo como unidad,
- las plazas reales ofertadas, o número de billetes ofertados (**plaza<sub>real</sub>**).  
(considerando además la ocupación para el caso de la demanda)

Para el caso del transporte de mercancías:

- la capacidad máxima de carga medida en toneladas (**t**) o (m<sup>2</sup>) o (m<sup>3</sup>).  
(se usará la carga transportada real para el caso de la demanda)

Para cualquier transporte puede también considerarse:

- la longitud de la ruta (**km**),
- la distancia ortodrómica (o distancia lineal) (**km<sub>orto</sub>**), que permitirá analizar la eficiencia de la red de infraestructuras.

## Funciones de consumo

### Función de oferta

$$\frac{\text{Consumo}}{\text{capacidad.km - orto}} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Vehículo.distancia real}} \times \frac{1}{\frac{\text{capacidad}}{\text{vehículo}}} \times \frac{\text{distancia real}}{\text{distancia orto}}$$

### Función de demanda

$$\frac{\text{Consumo}}{\text{viajero.km - orto}} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Vehículo.distancia real}} \times \frac{1}{\frac{\text{plazas}}{\text{vehículo}}} \times \frac{\text{distancia real}}{\text{distancia orto}} \times \frac{\text{plazas}}{\text{viajeros}}$$

$$\frac{\text{Consumo}}{\text{tn.km - orto}} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Vehículo.distancia real}} \times \frac{1}{\frac{\text{tn posibles}}{\text{vehículo}}} \times \frac{\text{distancia real}}{\text{distancia orto}} \times \frac{\text{tn posibles}}{\text{tn transportadas}}$$

### Homogeneización de la función de emisión

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{E. total} * \text{Factor emisión CO}_2$$

$$\text{E. total} = \text{E.util} + \sum \text{Perdidas}$$

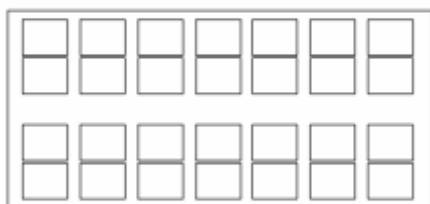
$$\text{Emisiones CO}_2 = (\text{E.util} + \text{Perdidas}) * \text{Factor emisión CO}_2$$

## Consideraciones especiales:

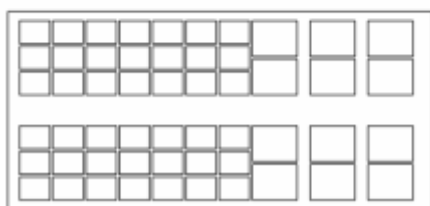
### Plaza normales y preferentes



72 plazas normales



28 plazas preferentes



42 plazas normales  
12 plazas preferente → 30 plazas normales.



**1 plaza preferente = 2,5 plazas normales**

### Consideraciones especiales:

#### Transporte simultáneo de pasajeros y carga

Carga total (t) = [((Nºpasajeros\*100kg)+(Nºasientos\*50kg))/1000] + Peso carga (t)

$$\%Carga = \frac{\text{Peso carga}}{\text{Peso total}} * 100\%$$

$$\%Pasajeros = 100\% - \%Carga$$

Peso carga = peso de la mercancía + peso del correo + peso de los envoltorios y pallets.

100kg por pasajero = peso del pasajero + peso de su equipaje transportado.

50kg por asiento = peso del asiento + peso elementos de seguridad + peso equipamientos pasajeros.



**Muchas gracias.**

