



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPACTO AMBIENTAL DE AUTOMOVILES
MEDIANOS UTILIZANDO MODELOS DE CICLO DE
VIDA

AUTORA: MARÍA JIMENA ALVAREZ

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. JULIO GARCÍA VELASCO**

2007

RESUMEN EJECUTIVO

Desde la Revolución Industrial, el impacto del hombre ha contribuido al calentamiento global principalmente por la emisión de “gases de invernadero”, y actualmente el problema ha sido reconocido como de extrema gravedad.

Como resultado de una toma de conciencia internacional se han establecido acuerdos que comprometen legalmente a los países desarrollados a limitar o reducir las emisiones de “gases de invernadero” y probablemente en el futuro estas obligaciones se extiendan a los países en desarrollo, como Argentina.

El sector transporte tiene una participación importante en el conjunto de las emisiones y determinó el 24 % de las emisiones globales para el año 2003. Consecuentemente, las empresas automotrices se enfrentan con el desafío de mejorar su impacto ambiental para reducir las emisiones de los vehículos que producen. Una de las estrategias es la aplicación de tecnologías alternativas para el desarrollo de nuevas formas de motorización que tengan una performance ambiental superior a las tradicionales. Entre ellas, una opción con grandes posibilidades son los automóviles híbridos, vehículos que no se comercializan en nuestro país.

Los objetivos de este Proyecto Final son: estudiar el impacto ambiental de emisiones gaseosas de los automóviles en Argentina, evaluar los avances logrados y la conveniencia de incorporar vehículos híbridos al parque automotor nacional, proyectar tendencias a mediano plazo y aplicar modelos de ciclo de vida en estudios de impacto ambiental. Se han analizado tres vehículos medianos de la década del '90 en adelante modelizando su ciclo de vida completo para estimar las emisiones gaseosas generadas y establecer el ritmo de mejora tecnológico con que evoluciona la industria.

Para el desarrollo del proyecto se aplicó uno de los métodos más integrales del ecodiseño, la modelización del Ciclo de Vida para analizar el impacto ambiental de los vehículos estudiados. La modelización permitió valorar la importancia de la disponibilidad y calidad de la información para este tipo de estudios, estudiar el ciclo de vida de un automóvil y realizar análisis de

sensibilidad modificando los parámetros y premisas definidos para analizar el efecto en los resultados. Así se ha comprobado la relevancia del método y las posibilidades de adaptación a las necesidades del análisis en nuestro país.

En el análisis de los modelos estudiados se comprobó que más del 80% del impacto del ciclo de vida de un vehículo se encuentra en la etapa del uso. A través de la comparación de modelos actuales y pasados se estableció que – mediante el avance tecnológico de los modelos- la disminución del impacto ambiental de los vehículos con MCI se ubica en alrededor del 10% para los últimos 10 años.

Para evaluar la significación de los posibles desarrollos tecnológicos futuros y su contribución a la mitigación del cambio climático, hemos analizado la conveniencia de incorporar vehículos híbridos a nuestro parque automotor. Complementariamente se ha efectuado la evaluación económica de esta sustitución desde el punta de vista del usuario del automóvil.

Por ultimo, se proyectó la tendencia de emisiones de los automóviles que integran el parque automotor durante los próximos 10 años en dos escenarios. Se analizaron las emisiones totales de los automóviles sin incorporar vehículos híbridos y con un reemplazo del 5% anual acumulativo, llegando a un 50% para el año 2017.

Considerando una tasa de descuento del 10% y un valor de 30 us\$/ ton CO₂ equivalente – según los valores actuales- la incorporación de vehículos híbridos en Argentina permite lograr ahorros entre 320- 350 Millones us\$ para los 10 años en términos de Valor Actual Neto. Asumiendo un crecimiento futuro del carbono hasta alcanzar un valor de equilibrio de 60 us\$/ ton en el año 2017, el VAN del ahorro para el periodo proyectado utilizando la misma tasa ronda los 500- 550 Millones us\$.

Se concluye que es conveniente para el Estado Argentino incentivar la adopción de esta tecnología, aun sin considerar los beneficios de incorporar una tecnología con una significativa mejor performance ambiental.

ABSTRACT

The impact of human activities from the Industrial Revolution onwards has contributed to global warming mainly due to greenhouse gases emissions. Nowadays global warming is recognized as an extremely serious environmental issue.

As a result of an international awareness regarding global warming, legally binding agreements have been established to limit or reduce greenhouse gases emissions in developed countries. Most likely this obligations will extend to developing countries such as Argentina.

The Transport sector has a significative share in global emissions and contributed to 24% of global emissions in 2003. Consequently, automobile companies are challenged to improve the environmental impact to reduce emissions from manufactured vehicles. An interesting strategy is the appliance of alternative technologies to develop new ways of motorization which have environmental performances superior to traditional ones. Amongst them, hybrid vehicles represent an option with great possibilities. Hybrid vehicles are not commercialized in Argentina.

The goals of this paper are: to study the environmental impact of automobile gaseous emissions in Argentina, to analyze the progress achieved and the desirability of incorporating hybrid vehicles to the national fleet, to project medium term trends and to implement life cycle models in environmental impact assessment. We analyzed three middle- sized vehicles-from'90 onwards- and modeled their entire life cycle to estimate: gaseous emissions generated and the industry's technological improvement pace.

Life cycle modeling, one of ecodesign's most integrated tools, was used to analyze the environmental impact of the models studied. The modeling allowed to assess the importance of the availability and quality of information for such studies, study the life cycle of a car and perform sensitivity analysis - modifying parameters and assumptions to analyze the effect on the results. This method has proven to be relevant and able to cope with our country's analysis needs.

As a result from the models studied it was validated that more than 80% of an automobile's life cycle impact is in its Use stage. The comparison of past and current models showed that there was a 10 % decrease in the environmental impact of Internal Combustion engine vehicles in the past 10 years.

We discussed the desirability of incorporating hybrid vehicles to our national fleet and its contribution to mitigate climate change. The owner's economic implications related to this technology substitution has been analyzed as well.

Lastly, the national vehicle fleet emissions' trend was projected for the following 10 years in two scenarios: without incorporating hybrid vehicles and incorporating them at a 5% annual cumulative rate, reaching 50% for the year 2017.

Considering a discount rate of 10% and a value of 30 us\$/ CO₂ ton, the embodiment of hybrid vehicles in Argentina allows savings between 320-350 million us\$ - during the 10 year period projected- in terms of Net Present Value (NPV). Assuming an increase in CO₂ price – reaching an equilibrium value of the 60 us\$/ CO₂ ton in the year 2017- NPV savings considering a 10% discount rate result in 500-550 million us\$

We conclude that it is desirable for our national government to encourage the adoption of this technology, even without considering the benefits of incorporating a technology with a significantly improved environmental performance.

AGRADECIMIENTOS

En el camino recorrido hasta aquí tuve la oportunidad de conocer a muchas personas que contribuyeron a la realización de este trabajo. Mucho les agradezco por el tiempo y la dedicación que tuvieron conmigo, especialmente a :

- Ing. Blancq Cazaux de Toyota Argentina,
- Ing. Tamanini de Organización Techint,
- Lic. Ambiental Dobler de Volkswagen Argentina

Especialmente, agradezco al Ing. Julio García Velasco, el tutor de este trabajo, y al Grupo Arrayanes que dirige, por el apoyo que me diera y las ricas discusiones que tuvimos a lo largo del proyecto, que sin duda enriquecieron mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCION	1
2. CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE.....	5
2.1. Cambio climático 5	
2.1.1. Definición	5
2.1.2. Gases de efecto invernadero.....	7
2.1.2.1. Dióxido de carbono.....	7
2.1.2.2. Metano.....	7
2.1.2.3. Oxidos de nitrógeno.....	8
2.1.2.4. Vapor de agua.....	8
2.1.2.5. Ozono	9
2.1.2.6. Halocarbonos.....	9
2.1.3. Efecto Invernadero.....	10
2.1.4. Consecuencias del cambio climático	14
2.1.5. Perspectivas internacionales futuras.....	15
2.1.5.1. Impactos futuros en sistemas naturales y el desarrollo humano.....	17
2.1.6. Medidas (Protocolo de Kyoto, regulaciones nacionales).....	18
2.1.6.1. Protocolo de Kyoto	20
2.1.6.1.1. Mercado de emisiones.....	22
2.1.6.1.2. Desarrollo limpio	23
2.1.6.1.3. Implementación conjunta	24
2.1.6.2. Panorama Post Kyoto.....	25
2.1.6.3. Regulaciones nacionales	26
2.1.6.3.1. Emisiones.....	27
2.1.6.3.2. Perspectivas nacionales futuras.....	30
2.2. Desarrollo sustentable.....	32
2.2.1. Concepto	32
2.2.2. Impacto en la industria.....	33
2.3. Cambio climático en el transporte.....	34
2.3.1. Pacto entre ACEA y la Unión Europea.....	37
2.3.2. Nuevas tecnologías	38
2.3.2.1. Tipos de híbridos	39
2.3.2.1.1. Híbrido en serie.....	39
2.3.2.1.2. Híbrido en paralelo.....	40
2.3.2.1.3. Híbrido serie- paralelo.....	41
2.3.2.1.4. Hybrid Synergy Drive	42
3. ECODISEÑO Y CICLO DE VIDA	45
3.1. Ecodiseño.....	45
3.2. Ciclo de vida	46
3.2.1. Estudio de Ciclo de Vida	46
3.2.1.1. Definición de objetivo y alcance	47
3.2.1.2. Análisis de inventario.....	48
3.2.1.3. Evaluación de impacto	48
3.2.1.4. Interpretación.....	49
3.3. Ecodiseño en la industria automotriz.....	49
3.3.1. Renault	49
3.3.2. Ford.....	51

3.3.3. Toyota	51
3.4. Comparativo entre distintos softwares.....	52
3.4.1. Simapro7	53
3.4.2. GaBi4	54
3.4.3. TEAM 4.0	55
4. ESTUDIO DE CICLO DE VIDA	57
4.1. Modelización de cada vehículo utilizando el software.....	59
4.2. Etapas del ciclo de vida	62
4.2.1. Producción.....	62
4.2.2. Uso	63
4.2.3. Fin de vida útil.....	66
4.3. Análisis de resultados	67
5. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	71
5.1. Premisas	71
5.1.1. Vida útil.....	71
5.1.2. Tipo de ruta	73
5.1.3. Consumo de combustible	76
5.1.4. Composición de materiales	77
5.2. Análisis económico	78
5.2.1. CASO BASE	80
5.2.2. CASO MODERADO.....	81
6. CONCLUSIONES	83
7.BIBLIOGRAFÍA.....	87
8.ANEXOS	93
8.1.Impresiones de pantalla del TEAM.....	93
8.2.Extracto manual TEAM.....	97

1. INTRODUCCION

El cambio climático se define como cualquier cambio significativo en el clima que dure un período extenso. Puede originarse por factores naturales o bien por actividades humanas. Desde la Revolución Industrial en el siglo XVIII, el impacto del hombre ha contribuido al calentamiento global como consecuencia del incremento de ciertos gases -denominados “gases de invernadero”- que retienen en la atmósfera parte de la radiación infrarroja que la Tierra emite al espacio exterior luego de absorber la energía solar. El dióxido de carbono es responsable del 60% de este efecto.

Según el cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, de Naciones Unidas en los últimos 100 años (1906- 2005) hubo un incremento de 0,74 ° C de la temperatura de la superficie terrestre - siendo esta tendencia de 0,13 ° C por década en los últimos 50 años. El nivel de las aguas creció 17 cm. en el transcurso del siglo XX. Esto ha traído aparejado cambios en la cantidad de precipitaciones, salinidad de océanos, patrones de viento, intensidad de ciclones tropicales, inundaciones, sequías, entre otros.

Como consecuencia de una creciente concientización internacional y luego de varias negociaciones en 1997 se firma el Protocolo de Kyoto que compromete legalmente a los países integrantes del Anexo I a limitar o reducir las emisiones de “gases de invernadero” y a todos los países que lo hayan ratificado a presentar inventarios de emisiones. A partir de allí se instrumentan una serie de medidas a nivel gubernamental y sectorial – principalmente en los países del Anexo I- con el fin de alcanzar lo pactado en Kyoto. En el año 2001 Argentina ratifica el Protocolo de Kyoto y a fines del año 2006 se presenta el segundo Inventario de Emisiones nacional.

Como consecuencia de una creciente preocupación por el calentamiento global y la contaminación ambiental en general surge el concepto de desarrollo sustentable que – según el Brundtland Report- se define como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Como resultado de esta

nueva concepción de desarrollo aparecen nuevos métodos de diseño, planeamiento y gestión, entre ellos el ecodiseño. El ecodiseño agrupa un conjunto de métodos que considera que el ambiente tiene el mismo status que los valores industriales tradicionales. Entre sus herramientas se destaca el estudio de ciclo de vida que analiza el impacto ambiental de un producto o sistema desde la extracción de las materias primas hasta el fin de su vida útil.

Analizando las causas del calentamiento global puede apreciarse que la contribución del sector transporte representó el 24 % de las emisiones globales en el año 2003. Según el cuarto “Informe de Evaluación” del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, entre 1970 y 2004 las emisiones del sector transporte han crecido más de un 100%. La contribución de este sector a las emisiones globales creció desde un 22% en el año 1990 a un 24% en el año 2003.

A nivel global las empresas automotrices se enfrentan con el desafío de mejorar su impacto ambiental, participando en acuerdos ambientales voluntarios pre- establecidos o bien incorporando nuevos y mejores vehículos con performance ambiental superior, todo en un marco de creciente competitividad. Un campo de alto desarrollo es la aplicación de tecnologías alternativas que mejoran la calidad ambiental de los vehículos, y entre ellas se destaca el estudio de nuevas formas de motorización. Una opción con grandes posibilidades son los automóviles híbridos, vehículos que no se comercializan en nuestro país.

Ante este panorama, este trabajo busca estudiar algunos aspectos inherentes al status ambiental de la industria automotriz argentina y la contribución que la incorporación de nuevas tecnologías en el transporte automotor puede realizar a la mitigación del cambio climático.

Los objetivos de este Proyecto Final son: estudiar el impacto ambiental de emisiones gaseosas de los automóviles en Argentina, evaluar los avances logrados y la conveniencia de incorporar vehículos híbridos al parque automotor nacional, proyectar tendencias a mediano plazo y aplicar modelos de ciclo de vida en estudios de impacto ambiental. Se han analizado tres vehículos medianos de la década del '90 en adelante modelizando su ciclo de vida completo para estimar

las emisiones gaseosas generadas y establecer el ritmo de mejora tecnológico con que evoluciona la industria.

Un aspecto destacado del proyecto es la modelización de los aspectos ambientales de un vehículo utilizando un software especialmente desarrollado para el estudio de ciclos de vida, estudios que –por otro lado- aun no tienen una amplia difusión en nuestro país para el desarrollo de productos o la formulación de políticas públicas en el campo ambiental.

2. CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

2.1. Cambio climático

2.1.1. Definición

El cambio climático se define como cualquier cambio significativo en el clima (temperatura, precipitaciones, vientos, etc.) que dure un período extenso. Las variaciones climáticas pueden originarse por:

- Factores naturales (cambios en la intensidad del sol, pequeñas modificaciones en la órbita de la Tierra alrededor del Sol, etc.) y procesos naturales inherentes al clima como sistema (cambios en la circulación de los océanos, etc.)
- Actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera (por ej: mediante la combustión de combustibles fósiles) y la superficie terrestre (deforestación, urbanización, desedificación, reforestación, etc.)

Históricamente el clima ha cambiado muchas veces por factores naturales: eras de hielo, erupciones volcánicas, cambios en la órbita de la Tierra alrededor del sol son ejemplos de ello; pero desde fines del siglo XVIII - como consecuencia de la Revolución Industrial- las actividades humanas han comenzado a modificar la composición de la atmósfera.

La atmósfera terrestre está compuesta por los siguientes gases [Pidwirny, 2006]:

Gas	Fórmula	% Volumen
Nitrógeno	N ₂	78.08%
Oxígeno	O ₂	20.95%
Vapor de agua	H ₂ O (g)	0 to 4%
Argón	Ar	0.93%
Dióxido de carbono	CO ₂	0.04%
Neón	Ne	0.002%
Helio	He	0.001%
Metano	CH ₄	0.0002%
Hidrógeno	H ₂	0.0001%
Oxido nitroso	N ₂ O	0.00003%
Ozono	O ₃	0.000004%

TABLA 2.1: Composición porcentual de la atmósfera

El 99% de la atmósfera terrestre está compuesta de nitrógeno y oxígeno. Si bien estos gases desempeñan roles fundamentales para el desarrollo de la vida en la Tierra no influyen directamente en la regulación del clima. Esta función la desempeñan mayormente algunos de los gases que integran el 1 % restante, es decir:

- Dióxido de carbono
- Metano
- Oxidos de nitrógeno
- Vapor de agua
- Ozono
- Halocarbonos

2.1.2. Gases de efecto invernadero

Todos estos gases – CO₂, NO_x, CH₄, O₃, H₂O (g) y halocarbonos- se denominan “gases de invernadero” porque contribuyen al “efecto invernadero”. El “efecto invernadero” puede modificar la temperatura global.

2.1.2.1. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono atmosférico proviene naturalmente de: la descomposición de plantas, erupciones volcánicas y como producto residual de la respiración animal, y se remueve de la atmósfera por fotosíntesis y disolución en el agua (especialmente en los océanos). Permanece en la atmósfera por 100 años aproximadamente.

Existe un delicado balance entre el dióxido de carbono que toman las plantas de la atmósfera y el que regresa a la misma por los procesos de respiración y descomposición. Pequeñas modificaciones - como resultado de actividades humanas - pueden perturbar este balance significativamente.

Por otra parte, la combustión de combustibles fósiles libera a la atmósfera dióxido de carbono almacenado hace millones de años. La deforestación, a su vez, libera a la atmósfera el dióxido de carbono almacenado en árboles y también trae aparejado una disminución en la extracción de dióxido de carbono de la atmósfera porque a menor cantidad de árboles, menor actividad fotosintética.

Se estima que desde la Revolución Industrial a fines del siglo XVIII la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera aumentó un 30%.

2.1.2.2. Metano

El metano se genera naturalmente por bacterias durante la descomposición de materia orgánica y también se encuentra en los depósitos de gas natural. Se remueve de la atmósfera en un proceso para formar agua.

¹¹³ ADEFA, “Anuario 2006”,

Si bien su concentración en la atmósfera es mucho menor que la del dióxido de carbono, su potencial de calentamiento global (GWP: global warming potential) es 24 veces mayor. Es decir, una cierta cantidad de metano contribuye 24 veces más al calentamiento global que la misma cantidad de dióxido de carbono.

El metano permanece en la atmósfera por 11- 12 años. Desde la Revolución Industrial el nivel de metano en la atmósfera creció un 250%.

2.1.2.3.Oxidos de nitrógeno

El nitrógeno es removido de la atmósfera por las plantas que lo convierten en amoníaco para luego ser utilizado por otras plantas. Este proceso se conoce como fijación de nitrógeno. Simultáneamente microorganismos remueven el nitrógeno del suelo y lo liberan a la atmósfera. Como resultado de este proceso denominado desnitrificación se producen óxidos de nitrógeno. Estos también se liberan a la atmósfera a través de los océanos.

La combustión de combustibles fósiles y madera incrementa el nivel de óxido nitroso en la atmósfera. Sin embargo, se estima que la mayor contribución al incremento en el nivel atmosférico de este gas se debe al uso de fertilizantes a base de nitrógeno.

La concentración atmosférica de este gas es menor a una milésima parte de la concentración de dióxido de carbono pero su potencial de calentamiento global es entre 200 y 300 veces mayor. Además permanece en la atmósfera durante casi 150 años.

Desde la Revolución Industrial el nivel de óxido nitroso en la atmósfera es 16 % mayor.

2.1.2.4.Vapor de agua

La concentración de este gas en la atmósfera varía: en las regiones polares es baja porque el aire frío casi no contiene agua pero en las regiones tropicales el aire es húmedo y la concentración de vapor de agua puede llegar a representar un 4%.

Si bien el ciclo del agua se considera neutro, un incremento en la temperatura global genera un incremento en el nivel de vapor de agua en la atmósfera que a su vez contribuye al calentamiento global.

2.1.2.5.Ozono

El ozono se encuentra distribuido en distintas capas de la atmósfera. El ozono en las capas superiores filtra parte de los rayos ultravioletas evitando que alcancen la superficie terrestre. El ozono en las capas inferiores – ozono troposférico- sin embargo, es considerado un contaminante según la Organización Mundial de la Salud.

Se origina por la reacción entre la luz y el aire que contiene hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

El ozono tiene una alta conexión con el cambio climático y en cierta forma el debilitamiento de la capa de ozono ha disminuido el impacto del calentamiento, y en el futuro la recomposición del ozono atmosférico tendrá un efecto contrario.

2.1.2.6.Halocarbonos

Esta categoría incluye: CFC (clorofluorocarbonos), HCFC (hidroCFC) e HFC (hidrofluorocarbonos). Su potencial de calentamiento varía entre 3.000 y 13.000 veces mayor al del dióxido de carbono. Pueden permanecer en la atmósfera durante 400 años. Los CFC son gases que por su contenido de carbono, flúor y cloro destruyen las moléculas de ozono en la estratosfera que forman la capa de ozono.

En la década del '70, los CFC eran utilizados en aerosoles, solventes y refrigerantes – entre otros. En 1987, en el Protocolo de Montreal, se comenzó a regular el uso de las sustancias que originan el agotamiento de la capa de ozono – como los CFC- lo que llevó a estabilizar los niveles de CFC en la atmósfera.

Sin embargo, los HCF - sustitutos de los CFC – no están regulados así como tampoco otros halocarbonos nocivos.

2.1.3. Efecto Invernadero

La Tierra recibe energía solar en forma de luz visible. Aproximadamente el 30% es reflejada por la atmósfera externa y el resto es absorbida por la superficie terrestre que la transforma en calor y la vuelve a emitir como radiación infrarroja a la atmósfera. Las moléculas de los “gases de invernadero” absorben parte de esta radiación impidiendo que siga su trayectoria al espacio exterior.

El “efecto invernadero” es un proceso natural y vital para el planeta Tierra. Si los “gases de invernadero” no retuviesen parte de la energía solar las temperaturas bajas imposibilitarían la vida como la conocemos hoy. Sin embargo, la acentuación de dicho proceso debido a un incremento en los niveles de los “gases de invernadero” es negativa para el planeta ya que deriva en un incremento de eventos y riesgos extremos.

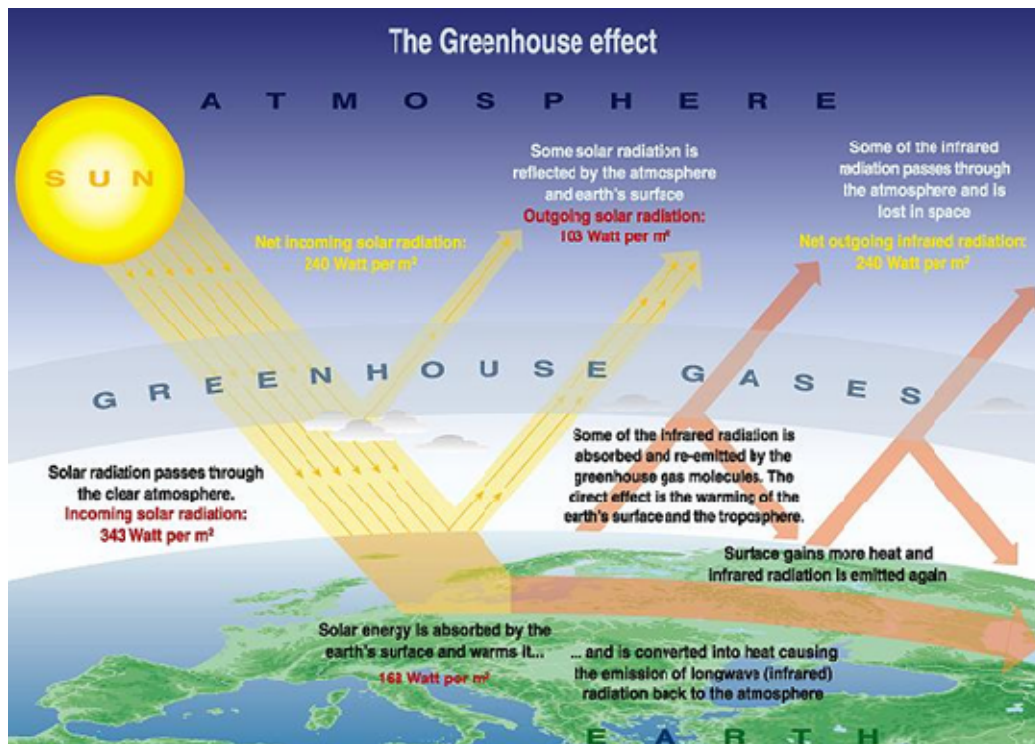


FIGURA 2.1: Efecto Invernadero
FUENTE: UNFCCC website

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC en adelante) el dióxido de carbono es responsable del 60%

de la acentuación del “efecto invernadero”. Su concentración en la atmósfera (379 ppm en el año 2005) es mucho mayor que el rango natural de concentración en los últimos 650.000 años (180 a 300 ppm) y su crecimiento continua aumentando debido – principalmente- al uso de combustibles fósiles. Las emisiones de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles aumentaron de 6,4 Gton por año en la década del ´90 a 7,2 Gton por año durante el periodo 2000- 2005.

Las concentraciones de óxido nitroso y metano también han aumentado considerablemente desde niveles pre- industriales no solo por el uso de combustibles fósiles sino también por el crecimiento de la agricultura [IPCC, 2007],.

Según el cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático- IPCC, en adelante- la evolución de la concentración de estos gases en la atmósfera en los últimos 10.000 años es la siguiente:

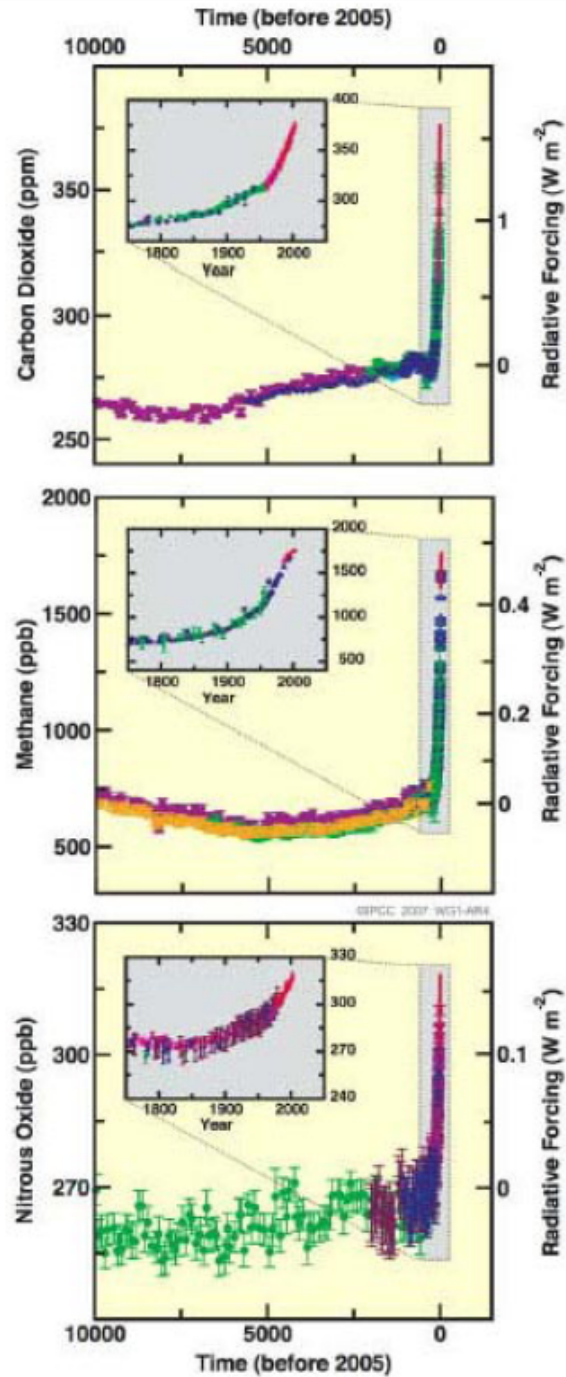


FIGURA 2.2: Concentración atmosférica de CO_2 , N_2O y CH_4 en los últimos 10.000 años.

El efecto en el clima se expresa en términos de “forzamiento radiativo”: un valor positivo significa un calentamiento de la superficie terrestre y un valor negativo un enfriamiento de la misma. Se estima que desde 1750 el efecto de las

actividades humanas contribuyó a un incremento de 1.6 W/ m^2 sobre todo el planeta. Los principales *drivers* que contribuyeron al calentamiento global son los “gases de invernadero”. Por otra parte, los principales *drivers* que contribuyeron a enfriar el planeta son los aerosoles con el consecuente cambio en el patrón de nubes.

La evolución de las emisiones de “gases de invernadero” para el periodo 1970- 2004 ha sido:

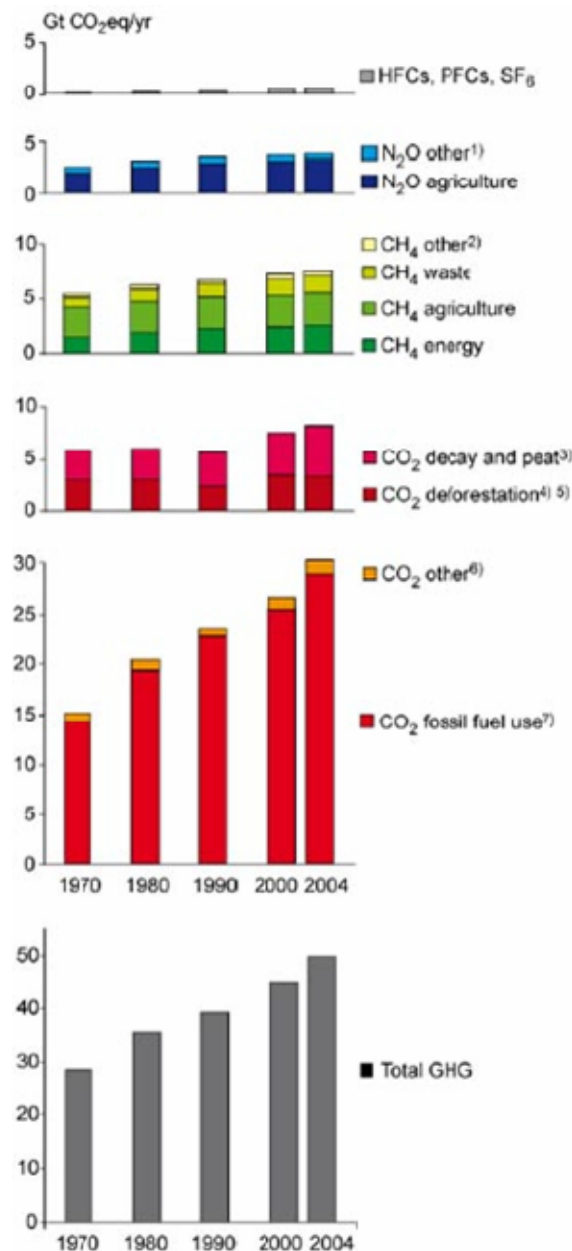


FIGURA 2.3: Evolución de las emisiones de “gases de invernadero”-1970- 2004.
FUENTE: Cuarto informe de evaluación del IPCC.

Entre 1970 y 2004 las emisiones de “gases de invernadero” a la atmósfera crecieron un 70%. Las emisiones están expresadas en Giga toneladas de CO₂ equivalentes (emisiones gas * potencial de calentamiento global correspondiente). En el 2004 las emisiones totales fueron de 49 Gton CO₂ equiv.. Las emisiones de CO₂ representan el 77% del total.

Si bien se han puesto en práctica medidas para reducir las emisiones en algunos países con cierto grado de efectividad, esto no ha sido suficiente para contrarrestar el crecimiento global de las emisiones.

Según el IPCC si no se implementan medidas de mitigación adicionales se proyecta un crecimiento entre 25 y 90% de las emisiones para el año 2030 respecto a los niveles del año 2000. A su vez, se estima que los combustibles fósiles seguirán dominando la matriz energética para el 2030. Esto traería aparejado un incremento de las emisiones de CO₂ entre 45 y 110% respecto al año 2000.

2.1.4. Consecuencias del cambio climático

Según el cuarto Informe de Evaluación del IPCC, en los últimos 100 años (1906- 2005) hubo un incremento de 0,74 ° C de la temperatura de la superficie terrestre. En los últimos 50 años esta tendencia fue de 0,13 ° C por década, el doble de lo que era hace 100 años. Once de los doce años en el periodo 1996-2005 han sido los años más cálidos desde 1850.

Las temperaturas en la atmósfera superior, en los océanos (hasta profundidades de 3000 m.) y el contenido de vapor de agua en la atmósfera se han incrementado. Los glaciares, nevadas y capas de hielo han disminuido en ambos hemisferios contribuyendo a un incremento en el nivel de las aguas de 17 cm. en el transcurso del siglo XX.

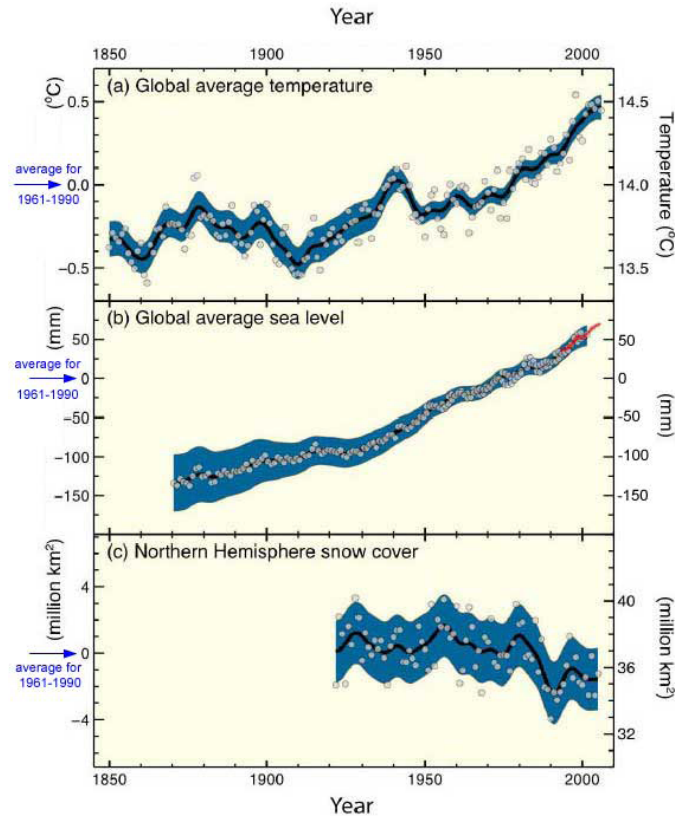


FIGURA 2.4: Evolución de la temperatura global, nivel de aguas y nieve (del Hemisferio Norte).
FUENTE: Cuarto informe de evaluación del IPCC.

Se han registrado cambios en: la temperatura y cantidad de hielos del océano Ártico, cantidad de precipitaciones, salinidad de océanos, patrones de viento, intensidad de ciclones tropicales, inundaciones y sequías. El caudal de los ríos y lagos que se alimentan de aguas de deshielo ha incrementado. A su vez, las migraciones primaverales comienzan antes de tiempo y la extensión geográfica de especies se está extendiendo hacia los polos.

2.1.5. Perspectivas internacionales futuras

Se proyecta un incremento de la temperatura global $0,2^{\circ}\text{C}$ por década para las próximas dos décadas. Aunque se hubiesen mantenido constantes las concentraciones de gases de invernadero y aerosoles del año 2000 se proyectaría un aumento de la temperatura de $0,1^{\circ}\text{C}$ principalmente debido al tiempo que le lleva a los océanos liberar el calor acumulado.

Las estimaciones de los escenarios analizados por el IPCC predicen un incremento en la temperatura entre 1,8 ° C y 4 ° C entre el año 1980 y 2090. Por otra parte, para fines del siglo XXI (2090- 2099) se predice un incremento del nivel de aguas entre 18 y 59 cm.. Sin embargo estos modelos no contemplan algunas incertidumbres acerca de ciertos mecanismos climáticos por falta de información. Por ejemplo, los escenarios estudiados por el IPCC no consideran que el deshielo en Groenlandia y el Artico sea más rápido que lo registrado hasta la fecha. Esto resultaría en un incremento en el nivel de las aguas aún mayor (entre 10 y 20 cm.).

Otras proyecciones contemplan:

- Incremento en la acidificación de los océanos causado por mayor concentración del dióxido de carbono en la atmósfera,
- Disminución de nevadas e incremento de deshielos,
- Climas más extremos, olas de calor, fuertes precipitaciones,
- Ciclones tropicales más intensos (tifones y huracanes),
- Corrimiento de tormentas tropicales hacia los polos con los consecuentes cambios en los patrones de temperatura, precipitaciones y vientos,
- Mayores precipitaciones en altas latitudes y menores precipitaciones en las regiones más tropicales,
- Disminución de la circulación del océano Atlántico.

A largo plazo, se estima que el calentamiento global y el incremento del nivel de aguas continuará durante los próximos siglos incluso si se estabilizasen las emisiones de “gases de invernadero” debido al largo tiempo de respuesta asociados a los procesos climáticos.

Se proyecta que el derretimiento de la capa de hielo de Groenlandia proseguirá. Si su derretimiento continuase durante el milenio - hasta la desaparición de la capa de hielo- el nivel de las aguas aumentaría en 7 m.

2.1.5.1. Impactos futuros en sistemas naturales y el desarrollo humano

Si no se toman medidas para mitigar el cambio climático el IPCC proyecta significativos impactos durante el siglo XXI.

Sobre la disponibilidad de agua, se prevé una mayor disponibilidad y caudal de ríos en las latitudes más altas y en algunas regiones tropicales y menor disponibilidad en regiones a latitudes medias. Es probable que numerosas áreas sean afectadas por sequías mientras que las mayores precipitaciones incrementarán el riesgo de inundaciones.

La capacidad de los ecosistemas para adaptarse al cambio climático será sobrepasada si no se toman medidas para mitigarlo. Con un incremento de la temperatura global entre 1,5 y 2,5 ° C se incrementa el riesgo de extinción de varias especies de vegetación y fauna y cambios en los ecosistemas que afectará el suministro de agua y alimento.

Globalmente, el potencial para producir alimento aumentaría si las temperaturas locales aumentasen entre 1 y 3 ° C pero disminuiría si el incremento es mayor. Las costas estarán expuestas a mayor erosión debido al incremento en el nivel de las aguas. Se proyecta que millones de habitantes en las regiones costeras sufrirán inundaciones todos los años. La adaptación será un desafío principalmente para los países pobres o en “vías de desarrollo”.

Las consecuencias del cambio climático probablemente afecten la salud de millones de personas, principalmente de aquellos que carezcan de elementos para adaptarse. Los impactos incluyen:

- Mayor desnutrición,
- Incremento de enfermedades, lesiones y muertes por olas de calor, tormentas, incendios y sequías,
- Alteración en la distribución espacial de enfermedades infecciosas.

El costo económico y social de climas extremos será sustancial en las regiones donde se registren con mayor intensidad y frecuencia.

2.1.6. Medidas (Protocolo de Kyoto, regulaciones nacionales)

En 1948 se crea en Fontainebleau (Francia) la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza (UIPN). En 1956 se modifica su nombre a Unión para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, una unión de gobiernos y organizaciones no gubernamentales. Un año después -en Nueva York- se lleva a cabo la Conferencia Científica de las Naciones Unidas sobre la Conservación y Uso de Recursos. Es la primera reunión internacional donde se debaten los problemas relacionados con los recursos naturales.

En 1972, en la Conferencia del Ambiente Humano en Estocolmo, se constituye el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA en adelante). En simultáneo se establece un Foro Ambiental que reconoce la importancia de las organizaciones no gubernamentales y establece un precedente para reuniones internacionales futuras.

En 1974, en el simposio en Cocoyoc- Méjico- se identifica la distribución inequitativa de recursos como un factor fundamental de la degradación ambiental. Recién en 1979 en la Conferencia Mundial Climática - auspiciada por la Organización Meteorológica Mundial- se concluye que el “efecto invernadero” resultante de la creciente acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera demanda acción internacional urgente.

En 1985, científicos británicos descubren el agujero de ozono sobre la Antártida. Es una señal de alarma para regular los CFC responsables de la destrucción de la capa de ozono. En 1987, en el protocolo de Montreal - auspiciado por la PNUMA –se limita la producción y consumo de ciertos CFC y halones.

En 1992, se lleva a cabo la Conferencia del Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, también conocida como la “Cumbre de la Tierra”. Es una conferencia sin precedentes para las NU debido a su tamaño y al alcance de los temas analizados. Con una concurrencia de 172 gobiernos (entre ellos 108 jefes

de estado), 2.400 representantes de organizaciones no gubernamentales, y 17.000 personas que concurren al Forum paralelo de las NGO. Las NU intentan que los gobiernos se replanteen el desarrollo económico y detengan la destrucción de recursos naturales y la polución del planeta. Los gobiernos reconocen la necesidad de reformular las políticas nacionales e internacionales para asegurarse que todas las decisiones económicas consideren el impacto ambiental aparejado.

Como resultado de la Cumbre de la Tierra se establecen – entre otros- la CMNUCC, la Convención sobre Diversidad Biológica de las UN – para prevenir la extinción de las especies- y la Agenda 21.

Se creía que las actividades humanas estaban afectando clima mediante la alteración de la forma en que el calor sale del planeta. La CMNUCC reconoce que el clima es un recurso común cuya estabilidad puede ser afectada por las emisiones de dióxido de carbono y otros “gases de invernadero” provenientes de la industria y de otras fuentes. Según las Naciones Unidas:

“Anteriormente el clima global modificaba a los seres humanos. Ahora los seres humanos parecen estar cambiando el clima global”.

El obstáculo inicial para la constitución de la CMNUCC era conseguir que todos los países estuviesen de acuerdo. Finalmente, el 21 de marzo de 1994 166 países firman el tratado. A la fecha, 191 países ratificaron la CMNUCC.

El objetivo de la CMNUCC es lograr que los países estabilicen las emisiones de “gases de invernadero” aunque no se especifica los niveles de estabilización. Según la CMNUCC: “dicho nivel debería alcanzarse en un periodo de tiempo suficiente para que los ecosistemas se adaptasen al cambio climático asegurando que la producción de comida no estuviese amenazada y que se llevase a cabo un desarrollo económico sustentable”.

Según la Convención, los gobiernos de los países integrantes:

- Juntan y comparten información sobre las emisiones de gases de invernadero, políticas nacionales y políticas recomendables,

- Promueven estrategias nacionales para abordar las emisiones de gases de invernadero y adaptarse a los impactos previstos (incluyendo la previsión de recursos financieros y tecnológicos para países en vías de desarrollo).
- Cooperan en la preparación para adaptarse a los impactos del cambio climático.

La Convención cuenta con dos niveles:

Conferencia de las Partes (COP, en adelante): es el organismo supremo de la Convención, la autoridad más elevada para la toma de decisiones. Está integrado por todos los países que integran la Convención. La COP es responsable de mantener encausados los esfuerzos para abordar el cambio climático. Una de sus tareas fundamentales es revisar los comunicados nacionales y los inventarios de emisiones de los países integrantes, analizando el progreso alcanzado respecto a los objetivos de la Convención. Se reúne anualmente.

Organismos asesores permanentes: Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA) y Subsidiary Body for Implementation (SBI). El SBSTA asesora al COP en materia científica, tecnológica y metodológica. Este organismo desempeña un rol crucial como intermediario entre la información científica proveniente de fuentes expertas – como el IPCC- y las necesidades políticas del COP. El SBI asesora al COP en lo referente a la implementación de la Convención, es el encargado de examinar los comunicados nacionales y los inventarios de emisiones presentados por los integrantes de la Convención. El SBI también asesora al COP en materia administrativa y presupuestaria.

2.1.6.1. Protocolo de Kyoto

La Convención no contaba con instrumentos legales suficientes para hacerle frente al cambio climático. En la primera reunión de COP en 1995, en una decisión conocida como el Berlin Mandate, se decide iniciar una serie de reuniones con el objeto de definir compromisos más fuertes y detallados para los

países industrializados. Luego de dos años y medio de negociaciones en diciembre de 1997 se firma el Protocolo de Kyoto durante COP3.

El Protocolo bosqueja las funciones básicas de sus mecanismos pero no explica el detalle de las reglas inherentes al funcionamiento de los mismos. Si bien 84 países firman el Protocolo con la intención de ratificarlo, muchos se muestran reacios a hacerlo sin conocer las reglas del tratado. En la COP7 se terminan de definir las reglas para la implementación del Protocolo en los Marrakesh Accords.

Para que el Protocolo entre en vigencia el pacto tiene que ser ratificado por países que constituyan como mínimo el 55% de las emisiones de dióxido de carbono registradas en 1990. Como Estados Unidos y Australia – ante el impacto económico de las reducciones en sus economías- decidieron no ratificar el protocolo, la ratificación recién se produce cuando Rusia- responsable del 17 % de las emisiones de 1990- firma el acuerdo el 5 de noviembre de 2004.

El Protocolo es el primer instrumento legal que compromete a los participantes a reducir las emisiones de “gases de invernadero”. Los 141 países comprometidos representan el 61.1 % de las emisiones de dióxido de carbono.

Finalmente el 16 de febrero de 2005 el Protocolo de Kyoto se convierte en una norma internacional.

El Protocolo comparte el objetivo, principios e instituciones de la Convención pero compromete legalmente a los países integrantes del Anexo I a limitar o reducir las emisiones de gases de invernadero. Solo aquellos integrantes que hayan ratificado tanto la Convención como el Protocolo están obligados a cumplir con los compromisos del Protocolo. A la fecha, 175 integrantes han ratificado el Protocolo. Entre ellos, 36 países y la UE tienen que reducir sus emisiones debajo de los niveles individuales especificados en el Protocolo. Esto equivale a una reducción mínima de 5% respecto de las emisiones de gases de invernadero de 1990 durante el periodo 2008- 2012.

La reducción de emisiones y los incrementos aceptados que resultan en una reducción mínima del 5% varían según el país. Por citar algunos ejemplos:

- Algunas reducciones: 8% UE, 6% Canadá, 7% EUA (consecuentemente se retira del Protocolo), 6% en Hungría, Japón y Polonia,
- Algunos incrementos: hasta un 1% Noruega, hasta un 8% Australia (consecuentemente se retira del Protocolo), Islandia hasta un 10 %,
- Rusia, Nueva Zelanda y Ucrania deben estabilizar sus emisiones.

El Protocolo es flexible en cuanto a los métodos en que los países pueden alcanzar sus objetivos. Por ejemplo, pueden compensar sus emisiones parcialmente aumentando el nivel de bosques ya sea en su propio territorio o ajeno, financiar proyectos en el extranjero que reduzcan las emisiones, etc.

Los mecanismos del Protocolo son tres:

- Mercado de emisiones,
- Desarrollo limpio,
- Implementación conjunta

2.1.6.1.1. Mercado de emisiones

El Protocolo limita las emisiones totales con un número circunscrito de “unidades de emisiones” (en adelante, unidades). El Protocolo permite que aquellos países a los que le sobren unidades –emisiones permitidas pero no alcanzadas- puedan vendérselas a aquellos países que hayan excedido su target. Esto se denomina “Mercado del carbono” debido a que el dióxido de carbono es el “gas de invernadero” de mayor producción global y –consecuentemente- el resto de los “gases de invernadero” se contabilizan en equivalentes de dióxido de carbono.

Por otra parte, los países que no puedan alcanzar su compromiso podrán comprar su cumplimiento, pero el precio será alto. A mayor precio, mayor presión

para hacer un uso eficiente de la energía y promover el desarrollo de fuentes de energía alternativas con menores emisiones.

Un “Mercado del carbono” es sencillo en concepto pero la puesta en práctica es más complicada. En un principio, los detalles no fueron especificados en el Protocolo y por ende se necesitaron nuevas negociaciones. Estas reglas se definieron en año 2001 en los “Marrakesh Accords”. Las restricciones son claras: las emisiones de los países tienen que ser monitoreadas y corroboradas. A su vez, se deben llevar registros precisos de las transacciones entre países. De acuerdo con esto, se están constituyendo registros junto con procedimientos de contabilización, registro de transacciones internacionales, equipo de expertos revisores, etc.

Por otra parte, los países reciben créditos por reducciones en las emisiones totales mediante: plantación de bosques o extensión de los mismos, llevar a cabo proyectos de implementación conjunta con otros países, por proyectos controlados por el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo. Los créditos ganados de estas maneras también se comercializan.

Ya se implementaron algunos sistemas nacionales de registro bajo el Protocolo. Importantes “Mercados de carbono” han sido implementados por la Unión Europea y otros países antes de que el Protocolo entrase en vigencia.

2.1.6.1.2. Desarrollo limpio

El Protocolo no limita las emisiones de naciones en “vías de desarrollo”. Sin embargo estas emisiones están creciendo, particularmente en países muy poblados como China donde el crecimiento industrial es fuerte. Como las emisiones son perjudiciales sin distinguir el lugar donde se efectúen y las reducciones beneficiosas de igual manera, el Protocolo incluye un arreglo para fomentar reducciones en países no obligados por el Protocolo.

El Mecanismo para el Desarrollo Limpio funciona de la siguiente manera: los países industrializados financian proyectos que disminuyen o evitan las emisiones en los países en “vías de desarrollo” y se les otorgan créditos que se utilizan para contabilizar sus emisiones. Los países en “vías de desarrollo” por su

parte se benefician con tecnologías avanzadas que les permiten operar más eficientemente y por ende a menor costo.

Este proyecto tuvo gran aceptación tanto en los países sujetos a compromisos del Protocolo como en los países en “vías de desarrollo” y se han tomado medidas para implementarlo incluso antes de que el Protocolo sea ratificado.

Este mecanismo es controlado por un Comité Ejecutivo. Cada proyecto tiene que ser aprobado por todas las partes demostrando una capacidad cuantificable de reducir las emisiones en el largo plazo que superen las emisiones que puedan generarse por el proyecto en si mismo.

2.1.6.1.3. Implementación conjunta

Este mecanismo es similar al del Mecanismo para el Desarrollo Limpio. La diferencia es la localización de los proyectos. En lugar de países en “vías de desarrollo”, los mismos se localizan en países industrializados- países del Este de Europa y la ex Unión Soviética, las denominadas “economías en transición”.

Para poder llevar a cabo proyectos de implementación conjunta tienen que cumplir con los requerimientos del Protocolo: inventarios precisos y registros de unidades y créditos detallados (requerimientos también necesarios para el “Mercado de carbono”).

Una fase piloto comenzó en 1995 que les permitió a los países ganar experiencia en compartir energía. Aquellos proyectos que cumplían con los requerimientos y cuya fecha de comienzo fuese a partir del 1/01/02 podían registrarse en el programa.

Individualmente cada país ha desarrollado su propio método para alcanzar los targets. La Unión Europea desarrolló un mercado en el que 12.000 plantas industriales y *power stations* tienen asignadas cuotas de dióxido de carbono. Si superan la cuota asignada pueden comprar una cuota extra o bien pagar una multa. Si, por el contrario, les queda un excedente pueden vender parte de la cuota.

Varios países, entre ellos EUA y Australia no han firmado el Protocolo de Kyoto. Según EUA - el país que registra las mayores emisiones de “gases de invernadero”- firmar este pacto implicaría arruinar la economía nacional. Australia, por su parte, tiene una importante industria de carbón. El gobierno australiano implementó un plan nacional para reducir las emisiones en un 10.1 % para el año 2012. Esto representa un incremento del 8% respecto a los niveles de 1990.

Muchos países que firmaron el Protocolo de Kyoto registran dificultades para alcanzar sus targets. Entre ellos se destacan Italia y España en la UE, Canadá y Japón. Estos países han estado desde hace unos años muy activos en la búsqueda de proyectos que califiquen para el Mecanismo para el Desarrollo Limpio.

2.1.6.2. Panorama Post Kyoto

La continuidad de las acciones de mitigación del cambio climático luego del periodo de compromiso establecido en Kyoto es la cuestión clave en las discusiones actuales de la Convención.

Se estima que a futuro se requiere una acción más enérgica que la que se ha logrado hasta el momento y reducciones que probablemente deben llegar hasta el 40- 50% de las emisiones actuales.

Actualmente, la CMNUCC está realizando los preparativos para la Conferencia que se realizará en Bali en diciembre con el objetivo de iniciar negociaciones y definir una hoja de ruta internacional para combatir el cambio climático, particularmente en el periodo post 2012 (cuando el Protocolo de Kyoto deja de tener vigencia).

Entre los eventos preparatorios para la conferencia de Bali se destacan: el debate climático en la Asamblea General de las NU -31 julio al 2 de agosto de este año- y las “Vienna Climate talks” –fines de agosto. En Viena se destacaron cuatro pilares necesarios para un régimen post Kyoto:

- desarrollo científico y targets,

- relaciones entre países desarrollados y en “vías de desarrollo”,
- necesidad de una relación sinérgica entre desarrollo y ambiente,
- coherencia política.

También se iniciaron negociaciones respecto al rango de los objetivos de reducción de emisiones de los países desarrollados para el año 2020.

En este marco, es fundamental la conceptualización de un nuevo acuerdo de carácter equitativo y justo que contemple los intereses ambientales y de desarrollo de los países en “vías de desarrollo”.

2.1.6.3. Regulaciones nacionales

En el año 1994, mediante la Ley N° 24.295, la Republica Argentina ratifica la CMNUCC y por la Ley N° 25.438, en el año 2001, ratifica el Protocolo de Kyoto de esa Convención.

En el año 2005 mediante el decreto 1070/2005 se crea el Fondo Argentino de Carbono con el objeto de facilitar e incentivar el desarrollo de proyectos del Mecanismo para un desarrollo limpio.

Como parte de las obligaciones asumidas con CMNUCC el Gobierno debe elaborar, actualizar, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.

Se presenta una Primera Comunicación Nacional en julio de 1997 y una revisión en el año 1999. A fines del 2006, se termina de elaborar la Segunda Comunicación Nacional. Además del Inventario de Gases, se elaboran distintos estudios sobre la Vulnerabilidad al Cambio Climático en diferentes regiones del país y estudios sobre la Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en distintos sectores emisores.

Por último, se constituye el Fondo Argentino de Carbono, una iniciativa impulsada por el gobierno nacional tendiente a facilitar el desarrollo de nuevos proyectos de inversión en la Argentina. Mediante su implementación se potencia la utilización del Mecanismo para el Desarrollo Limpio (MDL) establecido por el Protocolo de Kyoto, a la vez que contribuye al desarrollo sostenible de nuestro país. Su función principal es contribuir a financiar emprendimientos destinados a la expansión de la capacidad productiva industrial, a incrementar la eficiencia energética, a sustituir energías convencionales por energías de fuentes renovables y a ampliar la oferta energética, en el marco de la producción sostenible [Secretaría del Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, SAyDS en adelante].

2.1.6.3.1. Emisiones

La Argentina no está incluida entre los países del Anexo I de la CMNUCC ni en el Anexo B del Protocolo de Kyoto, por lo tanto no tiene compromisos cuantitativos de limitación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, en su condición de Parte de la CMNUCC y del Protocolo de Kyoto el país se ha propuesto como meta cualitativa dinámica, una reducción sostenible de las emisiones de “gases de invernadero” provenientes de las actividades socioeconómicas, sin que ello afecte la capacidad de desarrollo.

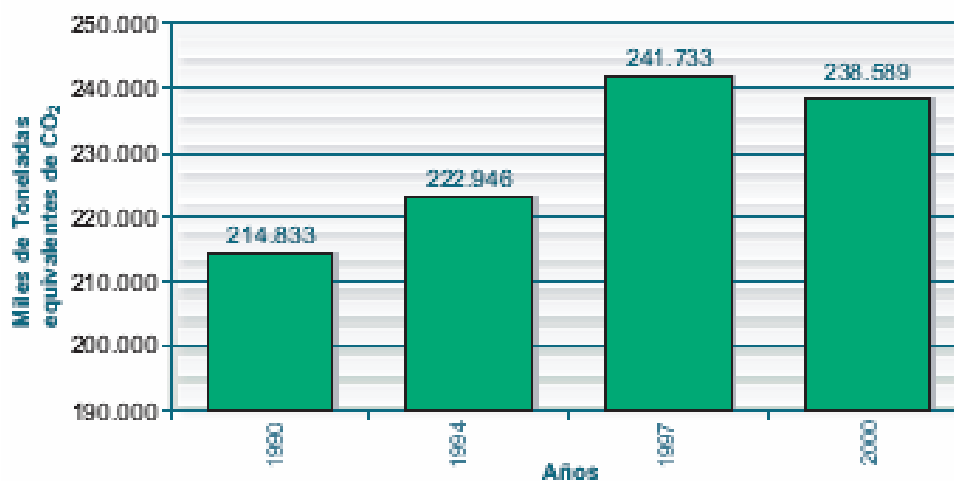


FIGURA 2.5: Emisiones de “gases de invernadero” en Argentina (Mton CO₂ equiv.).
FUENTE: SAyDS.

Dada la naturaleza e intensidad de los impactos que el cambio climático provoca y considerando que la economía argentina -basada en la producción primaria- es vulnerable a este fenómeno, es necesario dar seguimiento a las emisiones de “gases de invernadero”, con miras a su reducción. Asimismo, es necesario contar con este indicador para evaluar el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el país, tendientes a la mitigación y adaptación al cambio climático.

El aumento de las emisiones que se registró durante el período 1990-1997 puede deberse, en parte, a la mayor actividad económica, el aumento del consumo energético debido al bajo precio de la energía eléctrica y el gas natural en términos relativos. Sin embargo, es oportuno destacar que en los últimos años del período en cuestión se registró una marcada declinación en la tendencia al aumento de emisiones de “gases de invernadero”. Esto se debe a varios factores, entre los cuales se destacan: la introducción de tecnologías menos contaminantes, como las del ciclo combinado para la generación eléctrica, la renovación del parque automotor con modelos más evolucionados y la reducción del ganado vacuno. Esta tendencia se manifiesta en el año 2000, cuando se observa una reducción de las emisiones de un 1,3% respecto de 1997. Es importante tener en cuenta que las absorciones de CO₂ por sumideros también han contribuido a esta reducción.

Según el informe “Sistemas de indicadores de desarrollo sostenible-República Argentina” publicado en diciembre del 2006 el indicador Emisiones totales gases efecto invernadero no se ha podido actualizar, ya que su fuente de información son los Inventarios de Gases Efecto Invernadero y la última comunicación corresponde al año 2000, pero sí el indicador complementario Emisiones totales de dióxido de carbono por generación eléctrica.

En forma complementaria a la información provista por este indicador, se presenta el indicador Emisiones totales de CO₂ por generación eléctrica. El CO₂ es uno de los “gases de invernadero” emitidos en mayor proporción a la atmósfera, tanto a nivel mundial como nacional. Su emisión resulta de la quema

de combustibles fósiles y una de las principales fuentes de emisión son las centrales termoeléctricas que generan electricidad.

Existe una correlación directa entre el tipo de combustible quemado y las emisiones emitidas, al relacionarse con el factor de emisión de CO₂ para dicho combustible este indicador permite cuantificar las emisiones originadas por la generación eléctrica para todo el sistema interconectado nacional (Mercado Eléctrico Mayorista – MEM- y Sistema Patagónico). Se puede conocer adicionalmente la naturaleza y calidad de los combustibles utilizados en el proceso y la evolución del parque termoeléctrico a lo largo del tiempo.

La evolución de las emisiones totales de CO₂ por generación eléctrica son las siguientes:

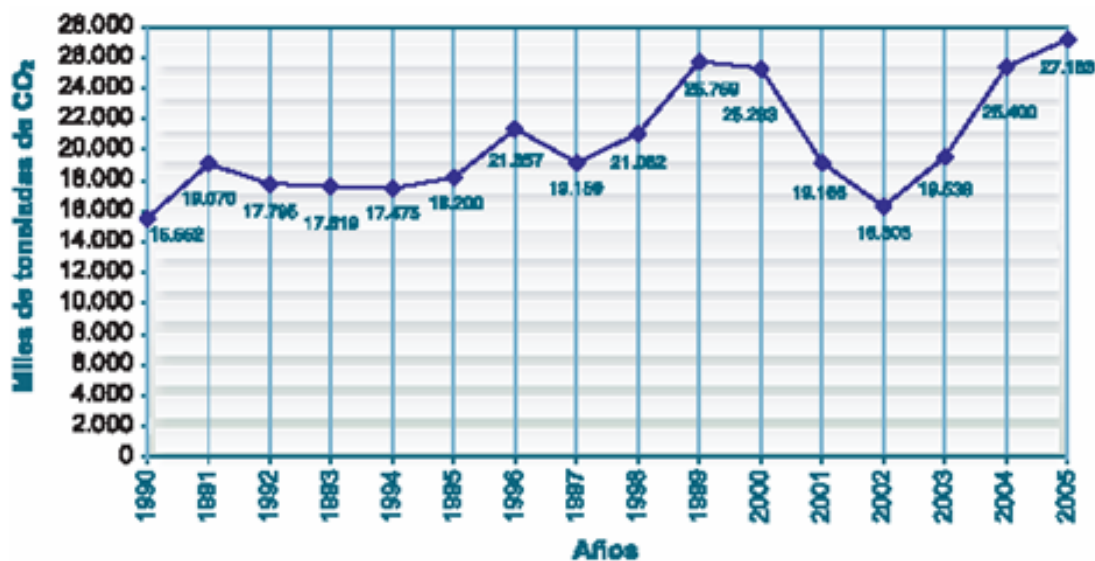


FIGURA 2.6: Emisiones totales de CO₂ por generación eléctrica en Argentina (Mton CO₂).

FUENTE: SAyDS.

Los mayores valores se observan entre 1999 y 2000 con una disminución en los dos años siguientes para comenzar a aumentar nuevamente a partir de 2003, observándose la misma tendencia para 2004 y 2005. Esta nueva tendencia puede explicarse por el aumento constante, en los últimos años, de la participación térmica en la generación total a nivel país, como por la menor calidad de combustibles fósiles utilizados debido a que en los últimos años existen

restricciones al gas natural y un mayor consumo de fuel oil, cuyo factor de emisión es mucho mayor.

2.1.6.3.2. Perspectivas nacionales futuras

Según el estudio de Escenarios de emisión de gases de invernadero para el año 2012 realizado por el Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS en adelante), las emisiones de gases de invernadero proyectadas para el año 2012 varían entre 84,5 y 86,8 Mill. ton CO₂ equivalentes según los escenarios estudiados.

En este estudio se analizan tres escenarios:

- **Modelo industrial:** la industria acrecienta su participación en el producto bruto interno nacional (PBI en adelante) a una tasa mayor que el resto de los sectores alcanzando el 19% en el año 2012. El incremento del nivel de actividad industrial trae aparejado un incremento del consumo energético del 2,96% anual (superior a lo registrado en el periodo 1991 a 2001). La mayor actividad económica contribuye a un incremento en las emisiones del sector transporte debido a una mayor tasa de motorización y un mayor uso del parque automotor.
- **Modelo Agro exportador:** Las actividades primarias se expanden a mayor tasa, principalmente el sector agro exportador primario y la minería. La superficie dedicada a las pasturas disminuye en pos de un aumento de la superficie cultivada. El mercado interno es casi inexistente y el consumo energético experimenta una desaceleración.
- **Modelo Energético:** Se caracteriza por una expansión de la exportación de bienes intermedios energo- intensivos. En este marco prosperan los sectores de servicios asociados a gasoductos, oleoductos, redes de transmisión eléctrica, puertos y rutas. La inversión extranjera impulsa la expansión de estos sectores. El consumo energético crece a una tasa promedio del 2,78% anual,

mayor a lo registrado en el periodo 1991 al 2001 pero menor a la tasa del Modelo Industrial.

Las emisiones previstas para cada escenario son:

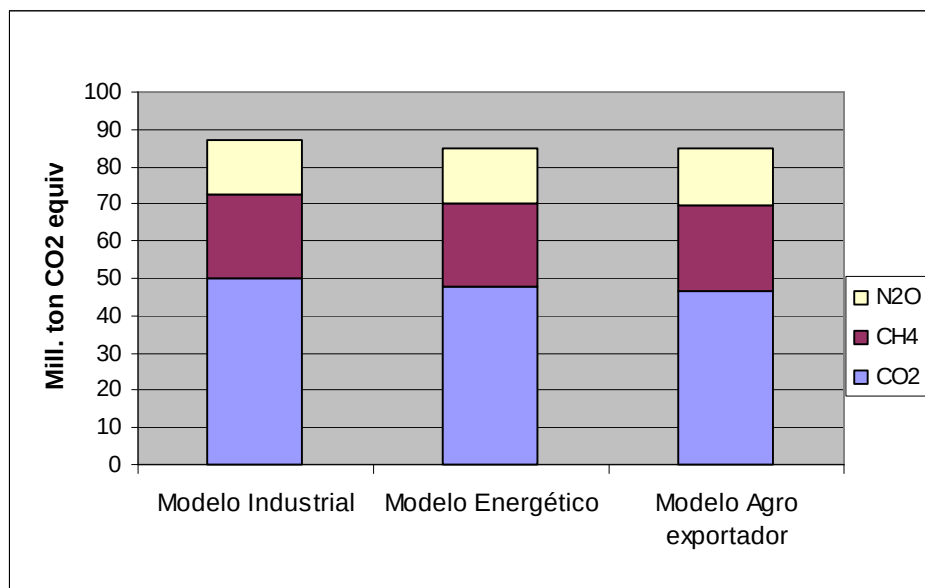


FIGURA 2.7: Emisiones de gases de invernadero en el 2012 para distintos escenarios

En el año 1997 las emisiones ascienden a 72,5 Mill ton CO₂ equiv. . Las emisiones del Modelo industrial representan un incremento del 20% respecto al año 1997. Las emisiones del Modelo Agro exportador y Modelo energético un 17% y 16,7% respectivamente.

La composición porcentual de las emisiones por sector es similar en los tres escenarios. En orden de magnitud, el sector Agropecuario representa alrededor del 34- 35%, Energético 24- 25%, Transporte 14%, Industria 12- 14%, Hogares 7%, Residuos Sólidos 6% y Servicios 1%.

2.2. Desarrollo sustentable

2.2.1. Concepto

Como consecuencia de una creciente preocupación por el calentamiento global surge el concepto de desarrollo sustentable. Los orígenes del concepto se remontan a la década del 70 durante las reuniones de las Naciones Unidas. En la “Declaración de Estocolmo” en 1972 y en la “Declaración de Cocoyoc” en 1974 se comienza a mencionar el concepto de eco- desarrollo.

En 1983, cuando las NU establecen la “Comisión Mundial del Ambiente y el Desarrollo” (CMAD en adelante) la degradación ambiental se identifica como un asunto de supervivencia para los países en “vías de desarrollo”.

Según el “Brundtland Report” publicado por la CMAD el desarrollo sustentable se define como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

Además de popularizar el término desarrollo sustentable, el “Brundtland Report” determina que el desarrollo económico no puede detenerse pero que tiene que modificarse para encajar con las limitaciones ecológicas del planeta. En este informe se reconoce que se están registrando cambios en la atmósfera, tierra, agua, flora y fauna poniendo en peligro la integridad de la naturaleza.

Luego, en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro se establecen tres acuerdos con el fin de modificar el enfoque tradicional al desarrollo:

“Agenda 21”: un programa de acción global en todas las áreas que abarca el desarrollo sustentable,

“Declaración de Río del Ambiente y Desarrollo”: una serie de principios que definen los derechos y responsabilidad de los estados,

“Estatuto de los Principios Forestales”: una serie de principios para el manejo de bosques global.

Según el inciso 4 del Preámbulo de la Agenda 21:

“La consecución de los objetivos del Programa 21 en lo que se refiere al desarrollo y al medio ambiente requiere una corriente substancial de recursos financieros nuevos y adicionales hacia los países en desarrollo, a fin de cubrir los gastos suplementarios ocasionados por las medidas que habrán de tomar para hacer frente a los problemas del medio ambiente mundial y para acelerar el desarrollo sostenible. “

En Río, se acuerda que la mayor parte de la financiación para la “Agenda 21” provendrá de los sectores públicos y privados de cada país. Sin embargo, se requieren fondos adicionales para que los países en “vías de desarrollo” adopten prácticas de desarrollo sustentable. De los 600 billones de dólares requeridos anualmente por los países en “vías de desarrollo” para implementar la “Agenda 21”, 475 serán transferidos de actividades económicas en esos países.

La “Agenda 21” contiene propuestas detalladas para las áreas sociales, económicas y ambientales (protección de la atmósfera, océanos y biodiversidad, prevención de deforestación, etc.).

En diciembre de 1992 se crea la “Comisión en Desarrollo Sustentable” para controlar y reportar la implementación lo establecido en la Cumbre de la Tierra.

La implementación completa de la “Agenda 21”, el “Programa para implementación futura de la Agenda 21”, y los principios establecidos en Río se reafirman en la Cumbre Mundial del Desarrollo Sustentable en Johannesburgo en el año 2002.

2.2.2. Impacto en la industria

Según el Departamento de asuntos sociales y económicos de la PNUMA [UNEP, 2002], la actividad industrial es el mayor contribuyente a muchos problemas ambientales y sociales que enfrenta la sociedad. Sin embargo, la actividad industrial tiene el potencial de contribuir significativamente a alcanzar una “sociedad sustentable”. Se ha reconocido que un determinante fundamental para que el desarrollo sustentable sea exitoso es una vinculación estrecha entre el comercio y el ambiente.

La globalización ha facilitado la integración de sistemas nacionales de producción y finanzas, resultando en un crecimiento del intercambio de bienes, servicios y capital. Los conceptos y sistemas de manufactura han cambiado. Esto trae aparejado consecuencias positivas y negativas para el desarrollo sustentable así como también ha desencadenado desacuerdos entre y dentro de países desarrollados y países en vías de desarrollo.

2.3. Cambio climático en el transporte

Según el cuarto “Informe de evaluación” del IPCC, entre 1970 y 2004 las emisiones de los sectores energético y transporte han crecido más de un 100%. Las emisiones de CO₂ provenientes del sector transporte están creciendo gradualmente en todas las regiones. La contribución de este sector a las emisiones globales creció desde un 22% en 1990 a un 24% en el año 2003 [ECMT, 2007].

Por otro lado, según la Internacional Energy Agency (IEA en adelante), la evolución de las emisiones globales de CO₂ por sector para el periodo 1990- 2003 ha sido:

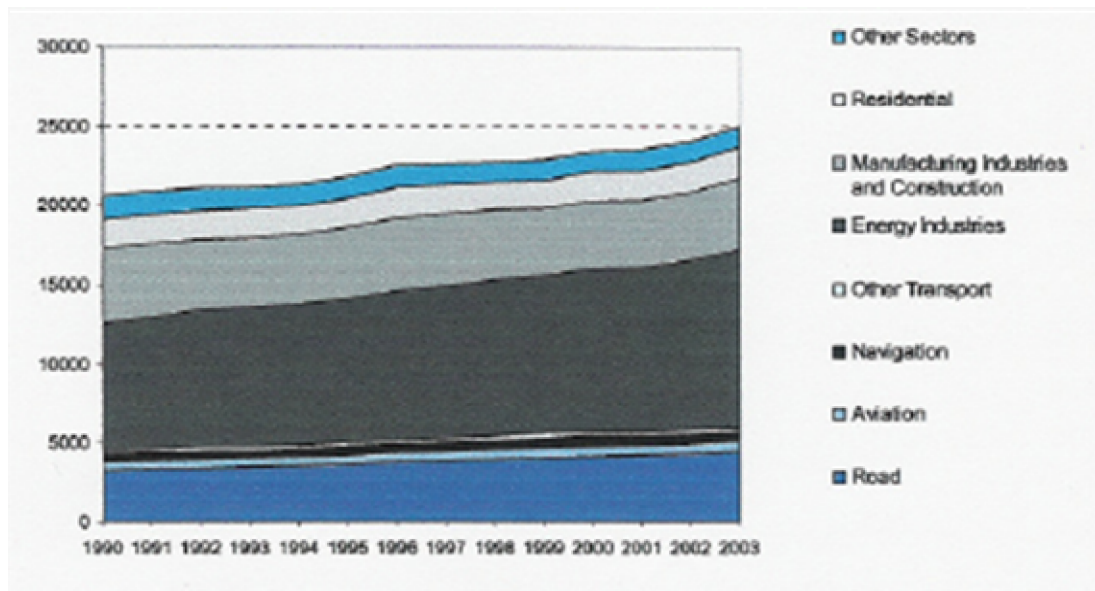


FIGURA 2.8: Evolución emisiones globales de CO₂ por sector- 1990-2003 (Mill. ton CO₂).

Según la IEA [IEA, 2005] la composición porcentual de las emisiones de CO₂ originadas por la combustión de combustibles fósiles es la siguiente:

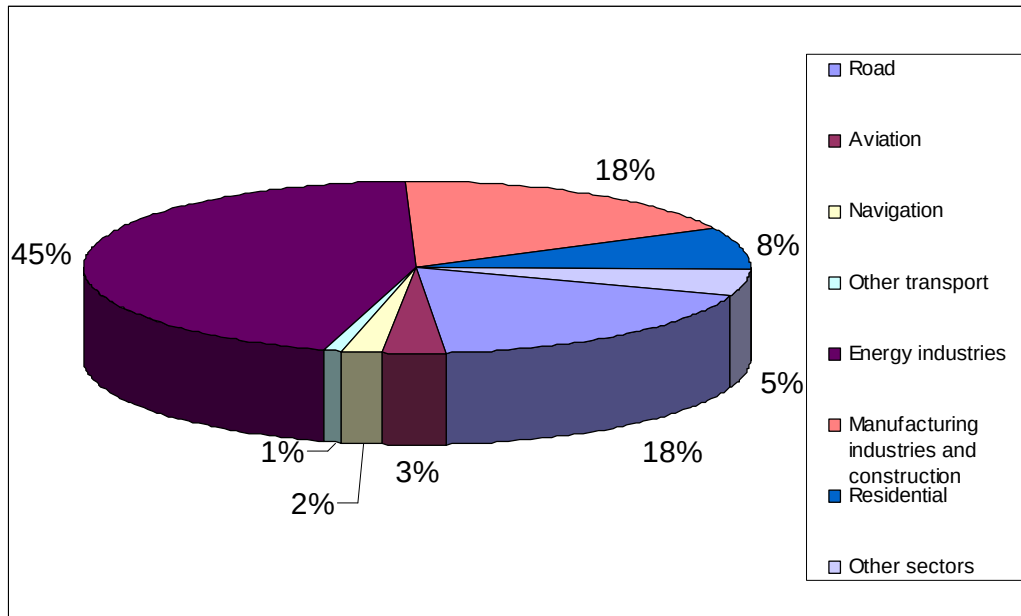


FIGURA 2.9: Emisiones de CO₂ globales originadas por la combustión de combustibles fósiles- Año 2003.

Dentro de las emisiones del transporte, las emisiones de los vehículos terrestres son las más significativas. Las emisiones del transporte de pasajeros representan más del 60% de las emisiones totales de vehículos terrestres [ECMT, 2007].

Según la IEA [IEA, 2005] la proyección de emisiones por sector hasta el año 2030 son:

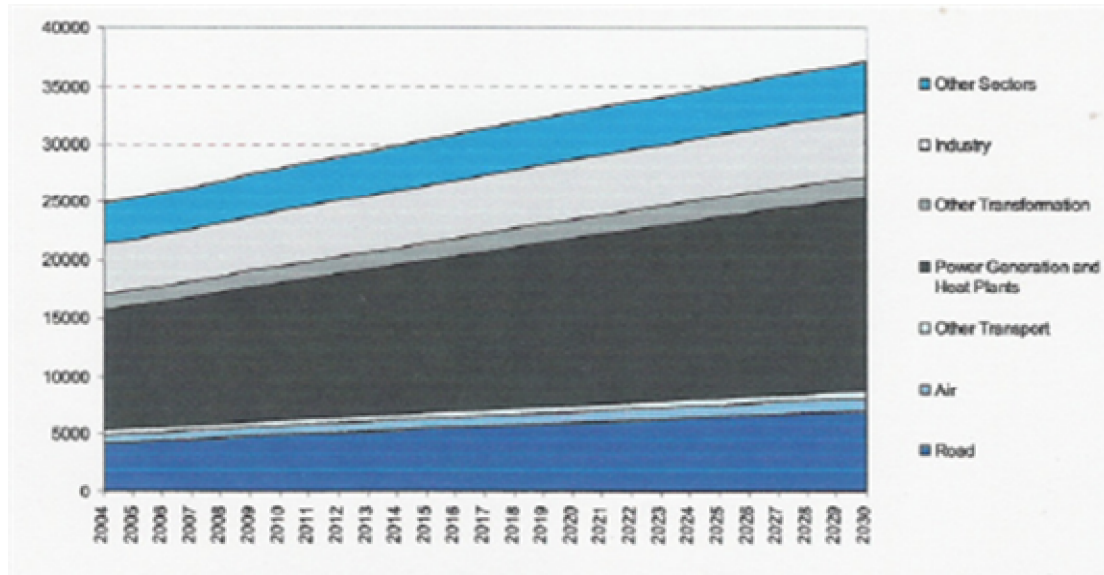


FIGURA 2.10: Emisiones globales de CO₂- Proyecciones por sector (Mill. ton CO₂).

Las emisiones de los distintos modos de transporte son:

Transport Mode		Carbon Dioxide (CO ₂)	Carbon (C)	Nitrogen oxides (NO _x)	Particulates
Car	Petrol	298	81	0.95	0.1
	Diesel	225	61	2.22	0.3
	Hybrid	200	55	0.3	n/a
Rail		116	32	n/a	n/a
Air		340	93	0.7	n/a
Taxi		357	97	2.43	0.66
Coach / Bus		90	25	0.3	0.03
Tube		171	47	0.12	n/a

TABLA 2.2: Emisiones de distintos modos de transporte (g/ milla).

FUENTE: [SUSTAIN]

La regulación de las cuestiones ambientales en la industria es un aspecto de creciente interés, en este sentido destacamos como ejemplo la regulación de las emisiones de los vehículos destinados al transporte de pasajeros que se estableció entre la UE y la ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles).

2.3.1. Pacto entre ACEA y la Unión Europea

En 1998, luego de intensivas negociaciones entre ACEA y la Dirección Ambiental de la UE se estableció un acuerdo voluntario entre ambas partes con el fin de reducir las emisiones del promedio de nuevos vehículos en la UE a 140 g CO₂/ Km. para el año 2008 con el objeto a largo plazo de reducir las emisiones de CO₂ a 120 g CO₂/ Km. para el año 2012. Otros de los objetivos establecidos fueron: lanzar de nuevos modelos que emitan 120 g CO₂/ Km. o menos para el año 2000, alcanzar emisiones intermedias de 165/ 170 g CO₂/ Km. para el año 2003, rever el potencial para reducciones adicionales para el año 2012 e implementar un proceso de monitoreo conjunto.

Los pilares que sustentan este acuerdo son:

- Desarrollo y avances tecnológicos,
- medidas impositivas,
- etiquetas para informar a los clientes .

Estas dos últimas medidas apuntan a modelar la demanda. El acuerdo establece que factores externos – regulaciones, cambios en el mercado, medidas económicas- pueden influenciar el progreso en la reducción de las emisiones y por ende estos factores tienen que ser contemplados cuando se evalúe el compromiso y la performance de la industria automotriz.

Según la “CO₂ Communication” publicada por la UE en febrero de este año, las reducciones en las emisiones tienen que lograrse mayormente por desarrollos tecnológicos. Según ACEA [ACEA, 2007], esta solución de carácter casi unilateral, traería consecuencias severas para los niveles de producción y empleo de la UE ya que reducir las emisiones solo mediante avances tecnológicos es 10 veces más costoso que medidas igual o más efectivas como incrementar el uso de bio- combustibles, mejorar la infraestructura y la coordinación del tráfico, adoptar un estilo de manejo eficiente.

Según el instituto científico independiente TNO Science and Industry el costo de alcanzar emisiones de 120 g CO₂/ Km. para el 2012 mediante

desarrollos tecnológicos únicamente, se traduce en un incremento de costo de 3.600 euros por vehículo. Según ACEA, sería imposible pasar este costo a los consumidores debido a la competencia proveniente del extranjero. Por este motivo, los fabricantes de automóviles se verían forzados a reducir costos en la producción lo que podría llevar a reubicar la producción en el extranjero. Esto contribuiría a incrementar el desempleo y a que el costo de los automóviles fuese prohibitivo en muchos casos. Esto lentificaría la renovación del parque automotor europeo.

Según ACEA, las mejoras tecnológicas han resultado en una disminución del 13% en las emisiones de CO₂ de los automóviles para el período 1995- 2004. La contribución hubiese sido más fuerte sino existiesen medidas regulatorias más exigentes en seguridad y una creciente demanda de autos más grandes y pesados. Si bien las emisiones de los nuevos vehículos han disminuido, el foco del problema son las emisiones del parque automotor de 8 años de antigüedad promedio, tráfico denso, congestiones, mayor kilometraje por automóvil. Un enfoque multilateral resultará en reducciones de emisiones de CO₂ más efectivas.

De todo ello se desprende el desafío que enfrenta en la actualidad el transporte en general y la industria automotriz en particular para contribuir a la reducción de emisiones de “gases de invernadero” y la mitigación del cambio climático.

2.3.2.Nuevas tecnologías

La concientización sobre el impacto de las emisiones de los automóviles ha incentivado el desarrollo de tecnologías alternativas que son menos perjudiciales. Por citar algunos ejemplos: comercialización limitada de vehículos propulsados por hidrógeno en Japón y EUA desarrollados por Toyota, utilización del bioetanol como combustible para automóviles en Brasil, vehículos híbridos, entre otros. Los vehículos híbridos (motor eléctrico y motor de combustión interna) se comercializan en forma masiva y se considera que es la tecnología cuya implementación en nuestro país sería más sencilla puesto que no trae aparejado cambios en la infraestructura.

2.3.2.1. Tipos de híbridos

2.3.2.1.1. Híbrido en serie

Un híbrido en serie utiliza el motor de combustión interna (MCI en adelante) para alimentar el generador que a su vez produce energía eléctrica para impulsar las ruedas.

Los componentes básicos son: motor eléctrico, MCI, generador, batería e invertidor. El MCI se pone en marcha para alimentar al generador en forma intermitente. La energía eléctrica del generador se utiliza para alimentar el motor eléctrico o para recargar la batería mientras el auto está funcionando.

Se denomina un sistema “híbrido en serie” debido a que la energía producida por el MCI está conectada en serie con el motor eléctrico.

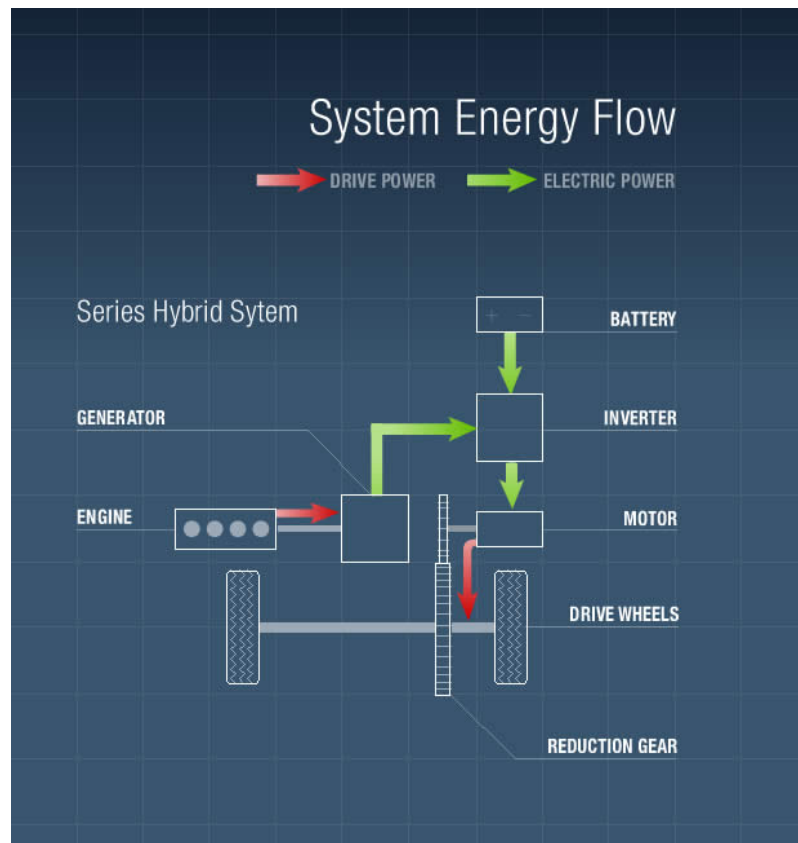


FIGURA 2.11: Flujo de energía de un híbrido serie .
FUENTE: Hybrid Synergy Drive Toyota

2.3.2.1.2. Híbrido en paralelo

El sistema híbrido en paralelo utiliza tanto el motor eléctrico como el MCI para impulsar las ruedas.

Sus componentes básicos son: motor eléctrico, MCI, batería e invertidor. El motor eléctrico es alimentado por la batería para manejar las ruedas y a su vez actúa como generador para recargar la batería. Consecuentemente el motor no puede utilizarse para generar electricidad mientras el automóvil está en funcionamiento.

Se denomina sistema híbrido paralelo porque el flujo de energía es en paralelo.

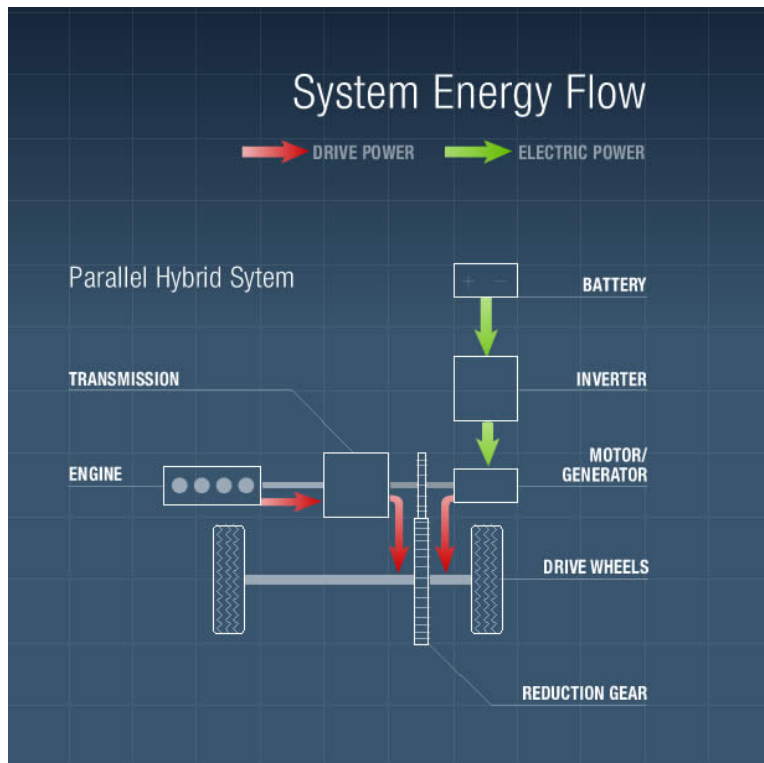


FIGURA 2.12: Flujo de energía de un híbrido paralelo.
FUENTE: Hybrid Synergy Drive Toyota

2.3.2.1.3. Híbrido serie- paralelo

Con el sistema híbrido serie- paralelo es posible manejar las ruedas usando dos fuentes de energía: motor eléctrico y/ o motor a gas/ petróleo así como también generar electricidad mientras el automóvil funciona con el motor eléctrico.

Dependiendo de las condiciones de manejo, el automóvil se propulsiona con el motor eléctrico o utilizando simultáneamente el motor eléctrico y el motor gas/ petróleo. Como el generador está integrado al sistema, la batería se puede cargar mientras el automóvil está en funcionamiento.

Los componentes básicos de este sistema son: motor eléctrico, motor a gas/ petróleo, generador, convertidor e invertidor. El invertidor transfiere parte de la energía producida por el motor a gas/ petróleo para manejar las ruedas y el resto al generador, ya sea para proveer energía eléctrica al motor eléctrico o recargar la batería.

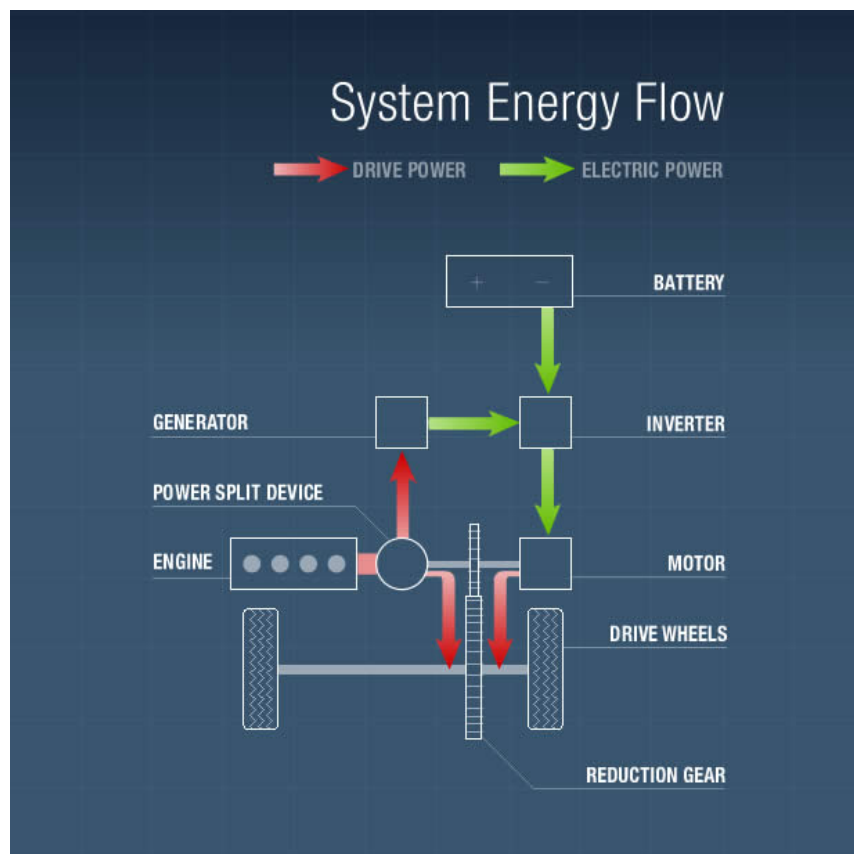


FIGURA 2.13: Flujo de energía de un híbrido serie- paralelo.
FUENTE: Hybrid Synergy Drive Toyota

El sistema aprovecha la eficiencia del motor eléctrico cuando el automóvil funciona a velocidades en el rango bajo/ medio, y utiliza el MCI cuando el automóvil se desplaza a velocidades mayores. En otras palabras, controla ambas fuentes de energía logrando una eficiencia energética óptima durante el funcionamiento bajo cualquier condición de manejo.

Según lo definido por las Naciones Unidas en el año 2003: “Un vehículo híbrido es aquel que posee al menos dos convertidores de energía distintos y dos sistemas de almacenamiento de energía (a bordo del vehículo) para la propulsión del mismo”.

El sistema Synergy Drive de Toyota cuenta con motores eléctricos y motor a petróleo/ gas como convertidores de energía y el tanque de gas/ petróleo y la batería como dispositivos de almacenamiento, satisfaciendo de esta manera la definición de las Naciones Unidas.

2.3.2.1.4. Hybrid Synergy Drive

El sistema híbrido paralelo de Toyota (HSD en adelante) aprovecha los mejores atributos de los motores eléctrico y de combustión interna para asegurarse que el automóvil opera a eficiencia máxima.

El flujo de energía es el siguiente:

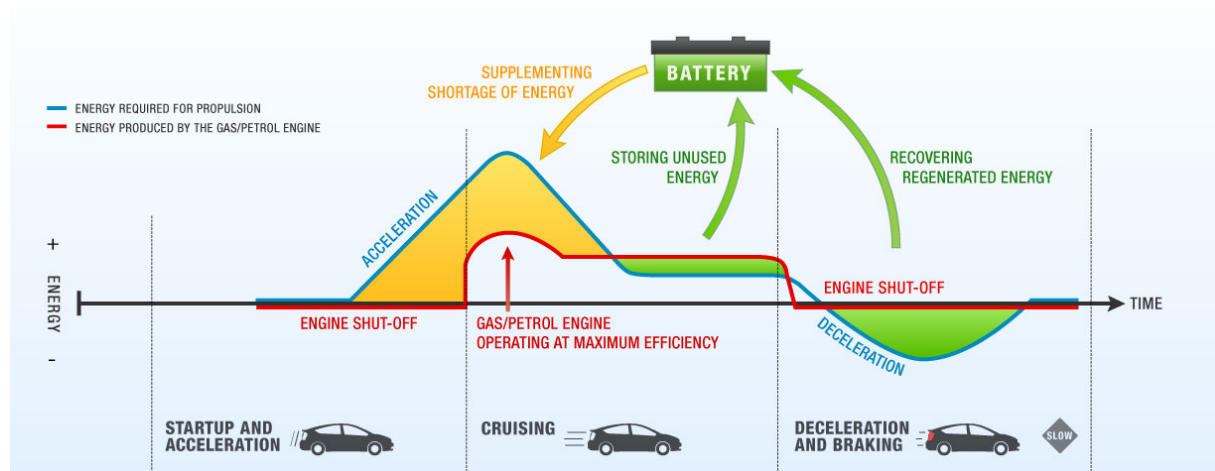


FIGURA 1214: Flujo de energía del sistema HSD de Toyota.

FUENTE: Hybrid Synergy Drive Toyota

- Arranque/ bajas velocidades: el automóvil funciona solo con el motor eléctrico (reciben alimentación de la batería) ya que el MCI no es eficiente en esta etapa. Solo si la energía eléctrica almacenada en la batería es insuficiente, se utiliza el MCI para alimentar el generador que a su vez alimenta el motor eléctrico.
- Velocidad de cruce: El MCI presenta una eficiencia adecuada en esta etapa. La energía provista por el MCI se utiliza para mover las ruedas y – dependiendo de las condiciones de manejo- parte de la energía es distribuida al generador. El generador provee de energía eléctrica a los motores eléctricos – para suplementar al MCI en caso de que fuese necesario- o alimenta a la batería.
- Aceleración: la energía almacenada en la batería es suministrada a los motores eléctricos que complementan al MCI. Combinando ambos motores, el HSD transmite una potencia comparable con automóviles con motores algo mayores.
- Desaceleración: el HSD utiliza la energía cinética del automóvil para que las ruedas accionen los motores eléctricos y recuperen la energía regenerativa para recargar la batería. La energía que se perdería como fricción se convierte en energía eléctrica que se almacena en la batería.

3. ECODISEÑO Y CICLO DE VIDA

3.1.Ecodiseño

El concepto de desarrollo sustentable se encuentra directamente relacionado con la noción de recursos finitos. Renovables o no, el incremento de la producción de bienes así como del consumo global de los mismos trae aparejado la degradación de los sistemas naturales.

El ecodiseño es un conjunto de métodos que considera que el ambiente tiene el mismo status que los valores industriales tradicionales: ganancia, funcionalidad, ergonomía, estética, imagen y calidad [Rogers, 1999].

Incluye herramientas que se utilizan con el fin de minimizar los impactos ambientales generados durante el ciclo de vida del producto. Por un lado, el impacto ambiental que genera un producto no se mide solo en la etapa de producción sino que abarca desde la extracción de las materias primas que conforman el producto hasta la disposición final del mismo. Es una concepción “desde la cuna hasta la tumba”. Por otro lado, se atienden y modelan las necesidades del consumidor para evitar las prestaciones no necesarias o generar demandas sobre otros bienes o servicios, que puedan derivar en ineficiencias sistémicas.

Entre las herramientas se destacan:

- Diseño para el reciclaje,
- Diseño para Montaje/ desmontaje,
- Ciclo de vida

Si bien estas tres herramientas se aplican en la etapa de diseño y desarrollo, el ciclo de vida es la única que contempla todos los procesos inherentes al producto.

El uso de herramientas de ecodiseño se ha convertido en una práctica cada vez más frecuente en empresas de todo tipo. Por otra parte, la creación de un marco coherente para las políticas ambientales de los productos evita la implementación de medidas no coordinadas que conduzcan a un resultado negativo – por ejemplo: eliminación de una sustancia nociva para el ambiente en un producto que traiga aparejado un mayor consumo energético del producto resultando en un impacto ambiental más negativo que la sustancia eliminada en un principio. La Directiva 2005/32/EC de la UE – aprobada en julio del 2005- instauro un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.

3.2.Ciclo de vida

El ciclo de vida de un producto industrial de manufactura compleja [Medina et al, 2003] se divide normalmente en cinco etapas:

- Producción de materiales y componentes
- Operaciones de manufactura
- Distribución
- Uso
- Fin de vida útil.

Efectuar un estudio de ciclo de vida en la etapa de diseño y desarrollo permite identificar el impacto de cada etapa y analizar alternativas que resulten en una disminución del mismo.

3.2.1. Estudio de Ciclo de Vida

El análisis de ciclo de vida de un producto permite evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto o proceso identificando y cuantificando los recursos materiales y energéticos utilizados y las emisiones al ambiente, analizando los impactos producidos y evaluando posibles mejoras.

Los resultados de un estudio de ciclo de vida pueden utilizarse en:

- Exploración de alternativas (para obtener una primera impresión del impacto ambiental de ciertas opciones),
- Innovación interna de la empresa (para cuantificar el impacto ambiental de mejoras en el desarrollo del producto o innovaciones técnicas),
- Innovación sectorial (similar al anterior pero enfocado a un sector en particular),
- Determinación de estrategia (el estudio de ciclo de vida se efectúa para evaluar el impacto ambiental de escenarios estratégicos),
- Comparación (para evaluar si cierto producto o sistema cumple con estándares específicos o bien para comparar el impacto ambiental entre productos o sistemas)
- Comparación pública (indicando desempeño ambiental igual o superior al de un producto que desempeñe funciones similares).

La metodología de un estudio completo de LCA según ISO [Guinée, 2002] consta de las siguientes etapas:

- Definición de objetivo y alcance,
- Análisis de inventario,
- Evaluación de impacto,
- Interpretación

3.2.1.1. Definición de objetivo y alcance

En la primera etapa se define el objetivo del estudio especificando el uso pretendido de los resultados, quien lo inicia, quien lo llevará a cabo, las partes

interesadas y la audiencia objetivo. El objetivo debe definirse con precisión, debe ser transparente y no ambiguo.

El alcance establece las características principales del estudio contemplando la cobertura de aspectos temporales, geográficos y tecnológicos, el método de análisis empleado y el nivel de sofisticación del estudio en relación a su objetivo.

Por último, el producto o sistema objeto del estudio se define en términos de función, unidad funcional y flujos de referencia. La unidad funcional describe las función/es primarias desarrolladas por un sistema de producto e indica cuánto de esta función/es se considerará en el estudio de ciclo de vida. La unidad funcional permite que distintos sistemas sean considerados equivalentes definiendo flujos de referencia para cada uno.

Los flujos de referencia son medidas de los outputs de los procesos inherentes a un sistema de producto que se requieren para desempeñar la función que es expresada por la unidad funcional.

3.2.1.2. Análisis de inventario

En esta etapa se define el sistema de producto (sistemas si se analizan varios). Esto implica: definir las fronteras del sistema, diseñar los diagramas de flujo con los procesos incluyendo interrelaciones, recolectar datos para cada uno de los procesos, asignar procesos multifuncionales y completar los cálculos finales. Es fundamental: la calidad de los datos, el método para calcular el inventario con la validación correspondiente del software utilizado, el tipo de presentación de los resultados, entre otros.

Como resultado se obtiene una lista con todos los inputs y outputs – cuantificados- al ambiente asociado con la unidad funcional.

3.2.1.3. Evaluación de impacto

En esta etapa los resultados del análisis de inventario se procesan e interpretan en términos de impactos ambientales. Con este fin, se define una lista de categorías de impacto – cambio climático, acidificación del aire, etc.-

relevantes al estudio, y modelos para relacionar las intervenciones ambientales con indicadores apropiados de cada categoría de impacto seleccionada. Los resultados de la modelización se calculan en la etapa de caracterización y – opcionalmente- la normalización indica la contribución de los resultados en una escala global. Luego se efectúan análisis de sensibilidad.

3.2.1.4. Interpretación

La interpretación del ciclo de vida es la etapa en la que los resultados de los análisis y las premisas adoptadas en el transcurso de los mismos son evaluados en términos de solidez y robustez. Se analizan los resultados con el fin de determinar la consistencia y exhaustividad de los mismos, se analizan los resultados en términos de robustez y se formulan conclusiones y recomendaciones como resultado del estudio.

3.3. Ecodiseño en la industria automotriz

A nivel global las automotrices se enfrentan con el desafío de mejorar su impacto ambiental, ya sea por su participación en acuerdos voluntarios pre-establecidos – caso del acuerdo entre ACEA y la UE- o bien por la necesidad de mantener su competitividad frente a automotrices que desarrollan vehículos con performance ambiental superior. A continuación se describe el status de ecodiseño en tres automotrices: Renault, Ford y Toyota ya que se considera representativas del mercado europeo, americano y asiático.

3.3.1. Renault

La compañía optó por integrar el ambiente en todas sus funciones.

Una de las herramientas utilizadas son los eco- juegos que les permiten a los empleados adquirir habilidades relacionadas con: auditorías ambientales, reciclaje y la selección de materiales así como también ayudar a que los empleados incorporen el cuidado del ambiente en las tareas cotidianas. La primera versión de los eco- juegos se implementó en el año 1998 siendo la misma destinada al personal de las plantas. En cambio, la segunda versión – iniciada en

el año 2001- fue destinada específicamente a los ingenieros de proyecto para enseñarles a incorporar un criterio ecológico en el diseño de los vehículos mostrándoles el impacto potencial de sus decisiones en el ciclo de vida del automóvil. Más de 42.000 empleados de Renault han sido entrenados por el sistema “Cap- Eco”.

Hoy en día los equipos de diseño y desarrollo de Renault utilizan cotidianamente herramientas de ecodiseño y bases de datos para definir la mejor combinación de cualidades del vehículo: confort, performance, manejo placentero, seguridad, calidad ambiental.

Una de las herramientas de ecodiseño más utilizadas es una hoja de datos que se utiliza desde comienzos del proyecto para guiar la selección de materiales identificando las sustancias contenidas en todos los materiales utilizados corroborando que no representen una amenaza para el ambiente. Si este fuera el caso, se analizan soluciones alternativas.

Esta hoja de datos se utiliza desde 1999. En ese entonces 13 proveedores estaban incluidos. A fines del año 2004 el número asciende a 500, provenientes de 190 compañías distintas.

Una vez completa esta etapa, los datos se incorporan a las actividades de ecodiseño utilizando el software OPERA (Overseas Program for Economic Recycling Analysis). Este software permite integrar distintos criterios de selección de materiales al diseño del automóvil considerando: reciclabilidad de materiales, compatibilidad de plásticos, diversas alternativas para las uniones entre piezas, entre otras, que impactan en las etapas de desmontaje y reciclado. Además, el software contiene información externa para asegurar que el costo del reciclaje no sea prohibitivo así como también la existencia de un mercado para materiales reciclados.

Renault también cuenta con un equipo especialista en Ciclo de Vida que analiza la performance ambiental de los nuevos modelos.

3.3.2. Ford

Con el fin de reducir las emisiones de dióxido de carbono se establecieron programas para concientizar a los clientes y los empleados. Se destacan los programas de eco- manejo en EUA, Canadá y Europa tanto para los clientes como para los empleados.

Mediante la asociación con TerraPass se estableció el programa “Millas verdes” que permite a los propietarios de los vehículos calcular las emisiones de CO₂ del vehículo durante el manejo y hacer aportes a proyectos que reduzcan el CO₂ en la atmósfera de manera tal de compensar las emisiones anuales de sus vehículos.

Utilizan herramientas como estudios de ciclo de vida, diseño para el ambiente y life cycle costing. Actualmente Ford se encuentra realizando estudios de ciclo de vida simplificados para evaluar la performance de sus vehículos europeos y evaluar futuras tecnologías.

3.3.3. Toyota

En 1963 establece el “Comité ambiental de Producción” para analizar asuntos de preservación ambiental en las áreas de producción y logística. Diez años después, se establece el “Comité de evaluación del diseño ambiental de productos”, para estudiar asuntos ambientales claves en el diseño y desarrollo de los vehículos. En 1992 se constituye el “Comité ambiental de Toyota” para dirigir los asuntos ambientales prioritarios de la compañía.

En ese mismo año se establece la “Carta a la Tierra”, donde se define la política y lineamientos de acción para preservar el ambiente. Un año después se lanza el Plan de acción ambiental que traduce los principios de la “Carta a la Tierra” en acciones tangibles. Anualmente Toyota revisa los objetivos establecidos, los resultados obtenidos y define nuevos objetivos.

Un mes luego de que se firma el Protocolo de Kyoto, Toyota establece la División de Asuntos Ambientales que se encarga de definir planes de acción ambiental y políticas ambientales globales.

Desde que el departamento de Investigación y Desarrollo obtiene la certificación ISO 14001 en el año 1998, la compañía monitorea el progreso en alcanzar targets de reducción de impacto ambiental. La herramienta Eco- VAS, basada en el concepto de evaluación de ciclo de vida, se utiliza para monitorear el cumplimiento de los targets de reducción de impacto ambiental - establecidos en la etapa de planeamiento- desde el comienzo de la etapa de desarrollo hasta el comienzo de la producción.

3.4. Comparativo entre distintos softwares

Un estudio de ciclo de vida moderno no es factible sin la asistencia de una herramienta informática. Hubo grandes avances desde los programas sencillos a base de hojas de cálculo.

Los investigadores utilizan softwares (en adelante SW) de ciclo de vida con distintos propósitos:

- Para acceder a información sobre materiales y procesos,
- Para facilitar el cálculo de tablas de inventario e impacto,
- Para mejorar el análisis de resultados,
- Para presentar resultados.

Solo algunos son apropiados para efectuar estudios de ciclo de vida complejos. Muchos son resultado de actividades investigativas en las universidades y luego de un tiempo dejan de ser actualizados por sus creadores, otros SW están enfocados en pocas industrias o procesos y no cuentan con información detallada sobre materias primas o procesos ajenos a esa industria.

Tres aspectos fundamentales a la hora de elegir un SW son:

- **SERVICIO:** el SW se comercializa por ende cuenta con un soporte, actualización y atención a usuario,

- **FUNCIONALIDAD:** el SW contiene evolución de impacto e inventario, interfases gráficas, editor de gráficos, interfases de importación y exportación,
- **BASE DE DATOS:** incluye información sobre materias primas, generación de energía, transporte y fin de vida útil, la información se actualiza asiduamente.

Para el proyecto Final se han comparado y evaluado las versiones demo de tres SW: Simapro7, GaBi4 y TEAM 4.0.

Se han considerado también evaluaciones internacionales. Según el estudio de mercado de SW para el estudio de ciclos de vida realizado por investigadores alemanes [Frühbrodt et al] estos SW están entre los 10 SW mejor calificados bajo distintas categorías: funcionalidad, flexibilidad, base de datos, facilidad usuario, propiedades del SW, servicio, costo. Los 4 SW más interesantes del mercado resultaron ser: CUMPAN, GaBi, TEAM y Humberto siendo el TEAM el SW con la mejor base de datos de los 10 SW evaluados.

3.4.1. Simapro7

Fue desarrollado por la firma holandesa Pré Consultants. La primera versión se lanzó en 1990. SimaPro 7 cuenta con tres versiones profesionales: Compact, Analyst y Developer.

Según el estudio de mercado alemán consultado, la ventaja de SimaPro respecto a los otros SW es el costo más bajo. Al utilizar las versiones Demo gratuitas esta ventaja no aplica.

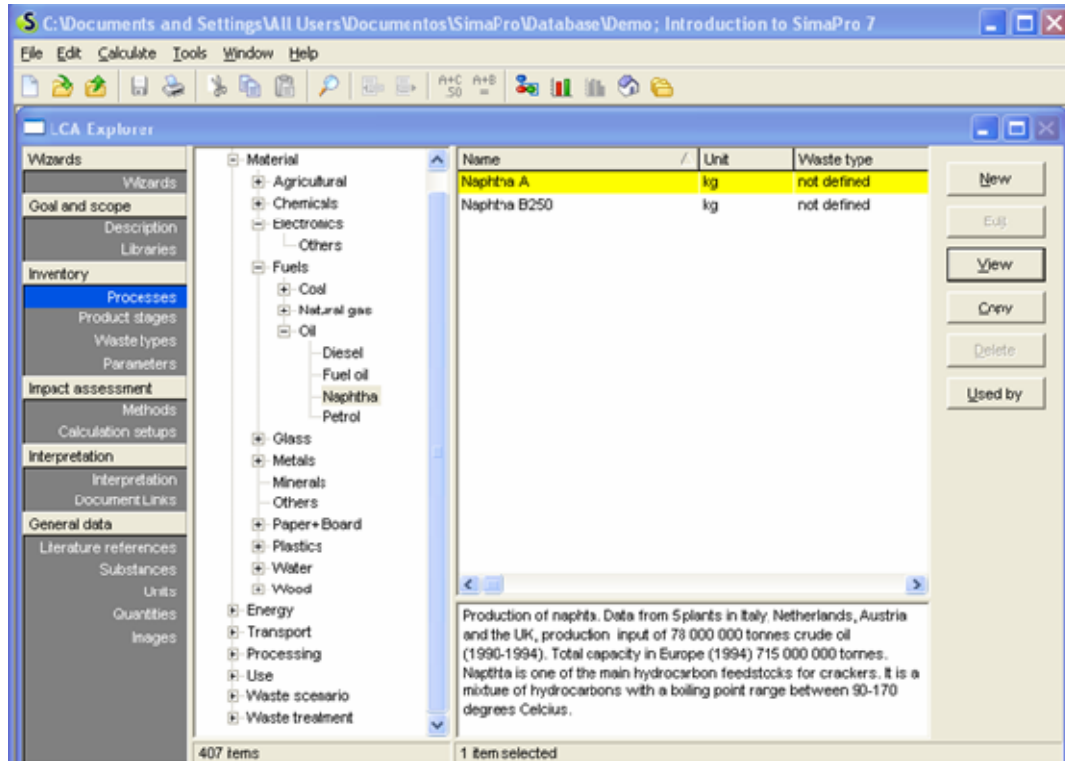


FIGURA 3.1: Software SimaPro 7.

3.4.2. GaBi4

Fue desarrollado en conjunto por la compañía de SW PE Product Engineering y la Universidad de Stuttgart. La primera versión se lanzó en el año 1992.

Se utilizó la versión demo de GaBi 4 lanzada en el año 2002. Cuenta con tres bases de datos según la complejidad del ciclo de vida a estudiar (getting started, beginner y advanced).

El SW tiene una estructura modular que por su claridad y transparencia resulta fácil de utilizar.

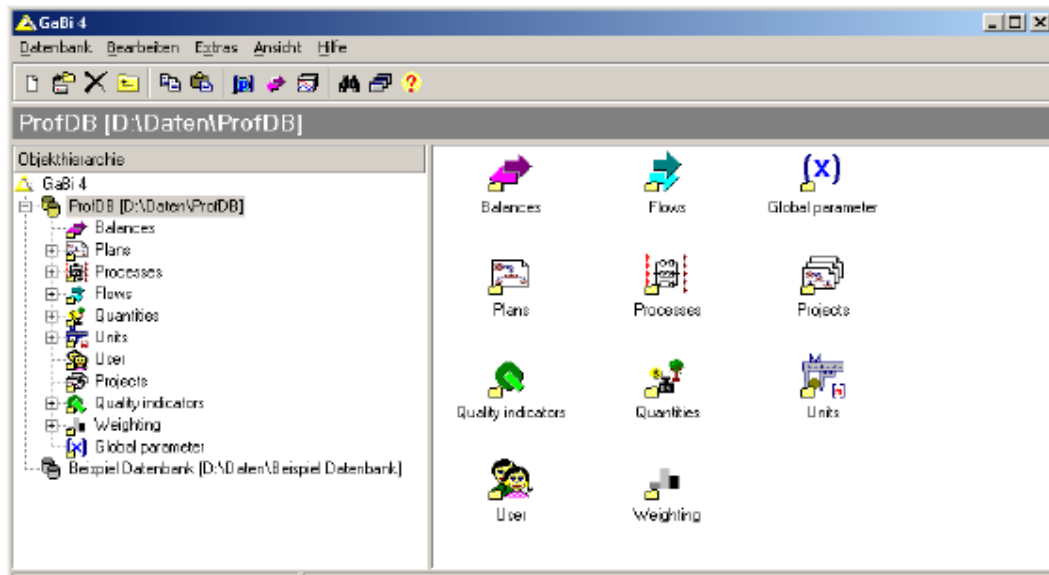


FIGURA 3.2: Software GaBi4.

3.4.3. TEAM 4.0

Desarrollado por el grupo francés Ecobilan. La primera versión se lanzó en 1993. La versión TEAM 4.0- se lanzó en el año 2005.

Además de contar con una extensa base de datos, se destaca que en caso de requerir información adicional Ecobilan actúa como intermediario entre los usuarios y terceros que cuentan con bases de datos adicionales.

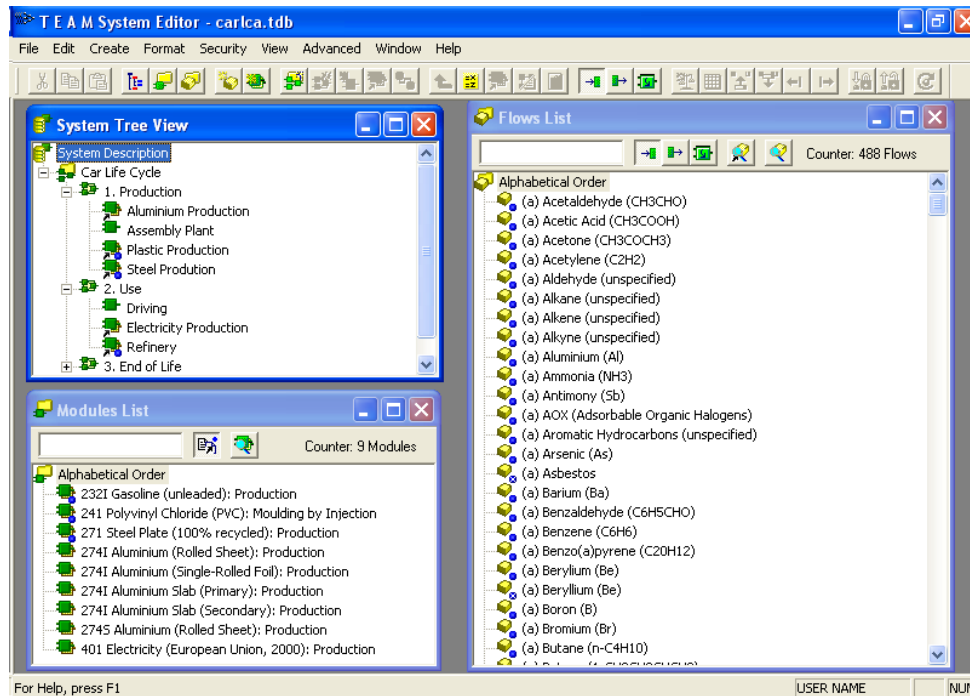


FIGURA 3.3: Software TEAM 4.0.

De los tres SW utilizados, GaBi 4 es el más fácil de utilizar pero el TEAM 4.0 cuenta con la base de datos más completa para efectuar el análisis de ciclo de vida. Atendiendo que este aspecto es clave en el estudio del ciclo de vida de un vehículo se decidió utilizar el TEAM de Ecobilan.

El TEAM de Ecobilan cuenta con dos bases: una de módulos donde se encuentran los procesos incluidos en la base de datos y la lista con todos los flujos que se utilizan como inputs y/o outputs de los procesos. Utilizando ambos se modelan los ciclos de vida.

4. ESTUDIO DE CICLO DE VIDA

Según la Asociación de Fabricantes de Automotores (ADEFA), el parque automotor argentino es de aproximadamente 7,7 Mill. de vehículos de los cuales los automóviles representan un 74% del total.

Automóviles	Transporte de Livianos	Transporte de Carga	Colectivos	Total
5.709.258	1.469.132	447.117	67.313	7.692.819

TABLA 4.1: Parque automotor Argentina 2006- Detalle por tipo de vehículo.

En los últimos diez años el parque automotor argentino creció en 1,6 Mill. de unidades lo que representa un parque 30 % mayor al del 1996:

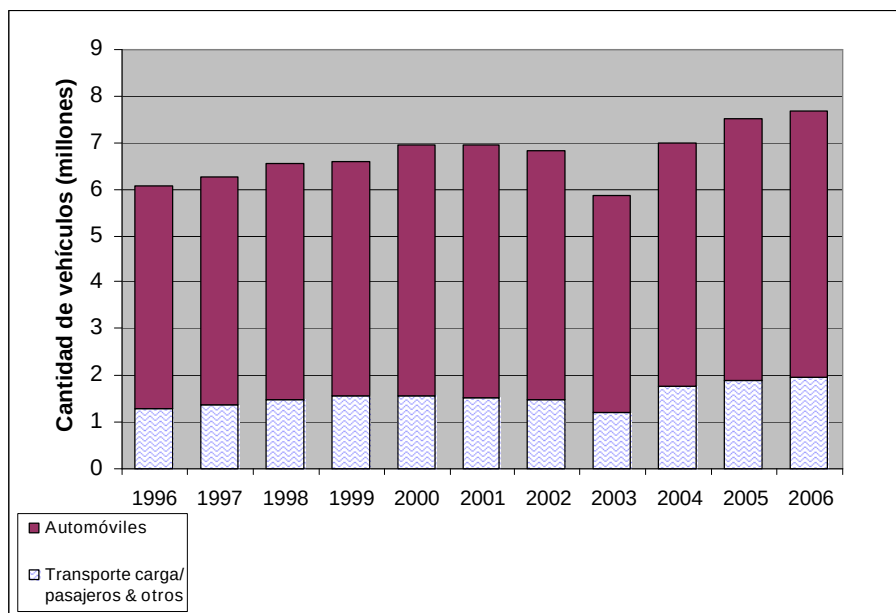


FIGURA 4.1: Evolución parque automotor Argentina (1996- 2006) (Mill. vehículos).

Luego de una caída en las ventas por efecto de la crisis económica del 2001/ 2002 cuya repercusión más fuerte se registra en el año 2003 se observa una tendencia creciente.

En los últimos 10 años los automóviles constituyen el 75/ 80 % del parque automotor argentino.

Para analizar la evolución del impacto ambiental en los últimos 10 años se estudiarán tres automóviles: dos cuyo funcionamiento es con motor de combustión interna y un híbrido serie- paralelo.

Se decidió estudiar un híbrido porque es la tecnología con mayor proyección internacional en el corto plazo. Si bien no se comercializan híbridos en Argentina no se descarta que esta situación se modifique en los próximos años.

En el “Reporte ambiental y social 2006” de Toyota Argentina hay un capítulo dedicado a los vehículos híbridos y en referencia a los mismos, aclara que aún no se comercializan en Argentina.

Se optó por estudiar el Prius de Toyota porque es el híbrido con mayores ventas a nivel internacional. La primera versión de este modelo se lanzó en Japón en 1997 y a partir del año 2000 comenzó a comercializarse mayormente en Europa y América del Norte. En jun'07 Toyota anunció que las ventas acumuladas globales del Prius habían alcanzado el millón de unidades.

Según la “Fuel economy Guide 2008” publicada por la EPA, el Prius es el vehículo de venta masiva más eficiente.

Los otros dos modelos a analizar son: Corolla 1997 y Corolla 2007 también de Toyota. Se eligió el Corolla porque es un modelo comparable con el PRIUS en peso y capacidad que se comercializa en nuestro país desde hace más de 20 años.

De esta manera se cuantificará por un lado la variación del impacto ambiental en un automóvil con motor de combustión interna en los últimos 10 años y por otro la variación del impacto ambiental entre dos tecnologías disponibles.

4.1. Modelización de cada vehículo utilizando el software

Para analizar la mejora del impacto ambiental en los vehículos medianos en 10 años se modeliza el ciclo de vida de los tres vehículos a analizar. La modelización del ciclo de vida consta de tres etapas: “producción”; “uso” y “fin de vida útil”:

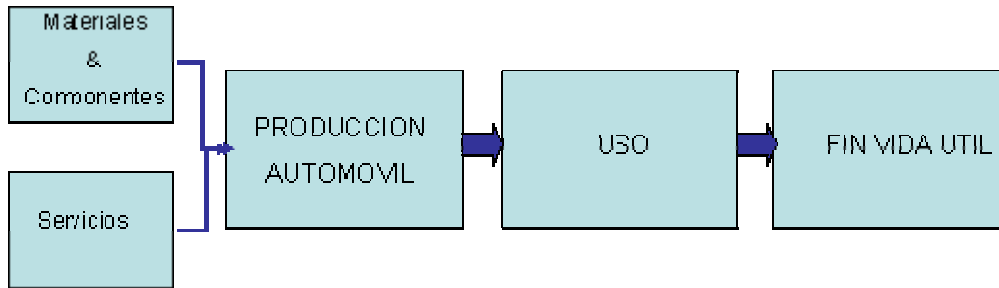


FIGURA 4.2: Modelo Ciclo de Vida de un automóvil.

Según Toyota en “Sustainable mobility and the development of advanced technology vehicles” publicado en Septiembre del 2006 el impacto del ciclo de vida de un automóvil de combustión interna a nafta el 80% del impacto del ciclo de vida se genera durante el Uso del mismo – se considera la producción de combustible como parte de la etapa “Uso” ya que si no se utiliza el automóvil no se genera impacto por la combustión de combustible- y menos del 20% en las etapas de producción de materiales y del vehículo:

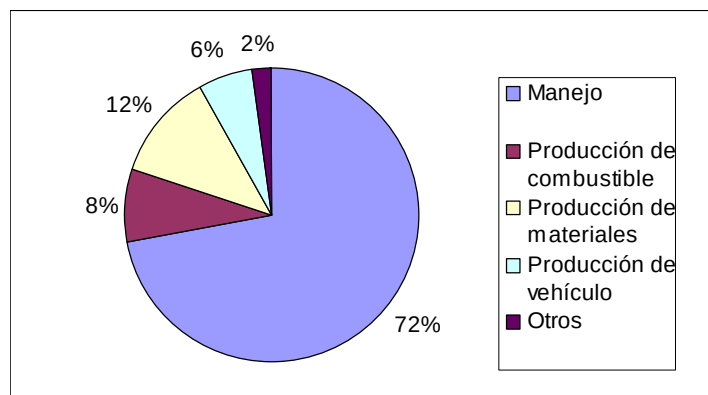


FIGURA 4.3: Impacto del Ciclo de Vida de un vehículo con MCI a nafta.

Siendo la etapa “Uso” la de mayor impacto, se asumirá que los tres modelos estudiados tienen la misma composición de materiales y el mismo porcentaje de reciclaje de materiales.

La composición de materiales del Prius 2004 es la siguiente [Daniels, 2005]:

Materials	Mass (kg)	Percent
Ferrous metals	776.94	60.55
Nonferrous metals	229.99	17.92
Plastics	154.85	12.07
Elastomers	39.66	3.09
Inorganic material	34.71	2.71
Other	28.21	2.20
Organic materials	18.84	1.47
Vehicle mass (less fluids)	1,283.1	100.00

TABLA 4.2: Composición de materiales del Prius´04.

La composición porcentual de los vehículos a modelizar es la siguiente:

- 61 % acero
- 18 % aluminio
- 21 % plásticos y materiales orgánicos

Según el IISI el acero constituye aproximadamente el 55 - 60% de la masa total de un automóvil.

Si bien se asume que en los 10 años analizados la composición de materiales de un automóvil no varía existe una variación en el peso de los vehículos.

Según la compañía, el peso (sin pasajeros ni carga pero con combustible, aceite, líquidos y equipamientos estándar) de los modelos a analizar es el siguiente:

Modelo	Peso (kg)
Corolla'97	1.060
Corolla'07	1.157
Prius'07	1.311

TABLA 4.3: Peso de los modelos a analizar.

Se observa una tendencia de incremento en el peso de los vehículos. Si bien el incremento de peso del Corolla 2007 respecto del Corolla 1997 es de un 9%, el Prius 2007 tiene un incremento más significativo, del 24%.

Según el “European Automobile Industry Report 07- 08” de ACEA, los automóviles se han vuelto más pesados y grandes en sus segmentos correspondientes debido a regulaciones en materia de seguridad y calidad de aire así como también por preferencia de los consumidores. Los compradores optan por vehículos más grandes y seguros debido a las congestiones de tráfico, cambios en el estilo de vida y tendencias demográficas.

Según ACEA el efecto de las regulaciones europeas en materia de seguridad y calidad de aire ha sido un incremento de 16% aprox. en el peso de los automóviles. A su vez, como consecuencia de medidas de seguridad para los peatones los automóviles son 10 cm. más largos.

A continuación se describe la modelización del ciclo de vida de los vehículos a analizar utilizando el software TEAM 4.0 de Ecobilan. Las etapas del ciclo de vida y los módulos utilizados en el software son comunes para los tres vehículos. Los módulos representan distintos procesos y contienen todos los inputs y outputs requeridos en el proceso en particular. Para modelizar instancias no incluidas en el software – manejo del automóvil, por ejemplo- se armaron módulos manualmente incluyendo los inputs y outputs necesarios. El objetivo de la modelización es calcular el impacto ambiental del ciclo de vida de los vehículos estudiados.

Una vez modelizado el ciclo de vida del automóvil se calcula el inventario que luego se evalúa utilizando métodos de evaluación de impacto incluidos en el software.

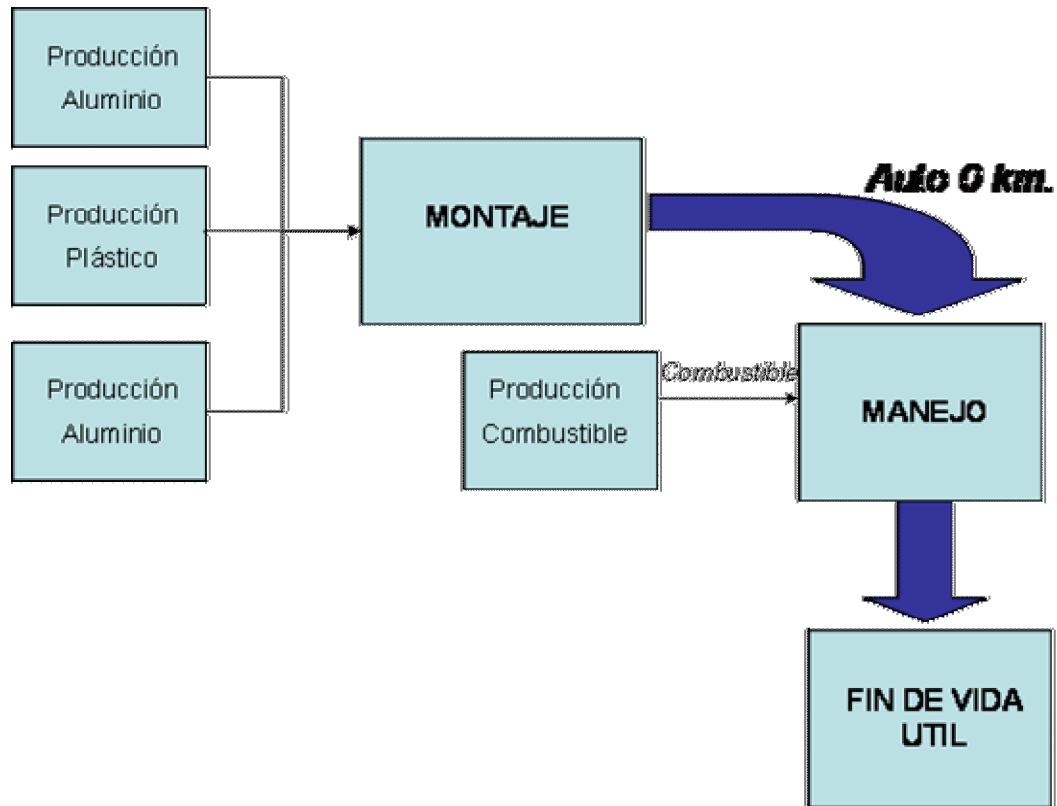


FIGURA 4.4: Diagrama del ciclo de vida de un automóvil a modelizar con el software.

4.2. Etapas del ciclo de vida

4.2.1. Producción

La etapa de producción consta de cuatro procesos:

- producción de acero,
- producción de aluminio,
- producción de plástico,
- montaje.

La producción de acero, aluminio y plástico se modeliza utilizando los módulos “271 Steel plate production”, “274l Aluminium (Rolled Sheet): Production” y “241 Polyvinyl Chloride (PVC) Moulding by injection” respectivamente.

Ambos módulos incluyen todos los inputs necesarios para fabricar el material así como también los outputs que se originan en el como consecuencia de la producción de los mismos.

Luego de ensamblar los materiales se obtiene el automomóvil 0 km.

Los inputs en la etapa “producción” para los distintos modelos son los siguientes:

Modelo	Acero (kg.)	Plástico (kg.)	Aluminio (kg.)
Corolla'97	642	228	190
Corolla'07	701	249	207
Prius'07	794	282	235

TABLA 4.4: Composición de materiales de los modelos a analizar.

4.2.2. Uso

El input de la etapa “Uso” es el auto 0 km. La etapa “uso” consta de dos procesos:

- producción de combustible,
- manejo del auto.

La producción de combustible se modela con el módulo “232l Gasoline (unleaded) Production” que tiene como input electricidad. La producción de electricidad se modeliza con el módulo “401 Electricity Production”.

La etapa “manejo del auto” tiene dos inputs: el combustible y el auto 0 km.

Según la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) de los Estados Unidos de América el consumo de combustible cada 100 km. para los modelos analizados es el siguiente:

Tipo de índice	Prius´ 07	Corolla ´07	Corolla ´97
Combinado	5.1	8.1	9
Ciudad	4.9	9	10.2
Autopista	5.2	6.7	7.6

TABLA 4.5: Consumo de combustible de los modelos a analizar (l/ 100 Km).

Si bien no se consiguió información local del consumo de combustible de los vehículos ni de las emisiones gaseosas de los mismos considerando que lo que se quiere analizar es la evolución del impacto ambiental y que los modelos estudiados (salvo el Prius) se comercializan en nuestro país, se considera que los resultados que se obtendrán - variación del impacto ambiental entre los Corolla´97 y ´07- se podrán extrapolar a nuestro país. De igual manera, sería interesante efectuar este análisis pues al no variar las especificaciones del modelo la diferencia entre la información local y la provista por la EPA daría una idea acerca de la influencia del tráfico, estado de rutas, entre otros respecto a EUA.

Se utilizará el consumo de combustible “combinado” para el estudio de ciclo de vida. En el capítulo siguiente se analizará la sensibilidad de los resultados utilizando los otros dos consumos.

Se asume que la vida útil del automóvil es de 150.000 Km. como un valor de referencia. Según ADEFA el parque automotor argentino del año 2006 tiene una antigüedad promedio de 13 años y medio¹³. Se asume un uso de 11.000 Km. por año.

De igual manera, en el análisis de sensibilidad se estudia el efecto de la variación de la vida útil en el impacto ambiental. No se contempla el desgaste del vehículo porque el SW no cuenta con los elementos para hacer una modelización sencilla de este proceso. Sería interesante analizar el efecto del desgaste en el rendimiento del automóvil y su impacto en el consumo de combustible, lo que a su vez afecta el impacto ambiental del vehículo.

Los outputs de la etapa “manejo del auto” son:

- emisiones de dióxido de carbono ,
- emisiones de NOx,

- emisiones de monóxido de carbono,
- auto usado.

Según la información que provee la EPA las emisiones de gases de invernadero (principalmente dióxido de carbono, óxido nitroso y metano) están expresadas en g. de dióxido de carbono equivalentes.

Las emisiones de gases de invernadero para los distintos modelos es la siguiente:

Tipo de índice	Prius´ 07	Corolla ´07	Corolla ´97
Emisiones gases de invernadero	0.104	0.195	0.220

TABLA 4.6: Emisiones de “gases de invernadero” (kg CO₂ equiv./ Km).

Según la “Green Vehicle Guide” de la EPA las emisiones de NOx y CO son:

Emisiones	Corolla´07	Prius´07	Corolla´00
NOx	0.04	0.01	0.19
CO	2.61	0.62	2.61

TABLA 4.7: Emisiones de NOx y CO (g/ Km).

La información disponible en esta publicación es a partir del año 2000. Para calcular las emisiones del Corolla 1997 se tomaron las siguientes premisas:

- las emisiones de CO son las mismas que en el año 2000. Se tomó esta premisa porque no hubo variación en las emisiones de los modelos 2000 y 2007.
- las emisiones de NOx se calcularon proporcionales a la variación de los modelos 2000 y 2007.

Las emisiones de NOx y CO de los tres modelos a analizar son:

<i>Emisiones</i>	Corolla'07	Prius'07	Corolla'00
NOx	0.044	0.012	0.248
CO	2.610	0.622	2.610

TABLA 4.8: Emisiones de NOx y CO (g/ Km) de los modelos a analizar.

Durante la vida útil de 150.000 Km. las emisiones de CO₂, CO, NOx durante el manejo del automóvil son:

<i>Emisiones totales</i>	Prius' 07	Corolla '07	Corolla '97
CO₂	15624	29297	33026
NOx	2	7	37
CO	93	392	392

TABLA 4.9: Emisiones de CO₂, NOx y CO (kg.) a lo largo de la vida útil.

4.2.3. Fin de vida útil

De acuerdo con las regulaciones vigentes en materia de reciclaje, se asume que en la disposición final del vehículo 80 % del acero, el 80% del aluminio y 40% del PVC se reciclan.

Despreciando el costo del reciclaje (transporte del material; reacondicionamiento, etc.) el reciclado se computa como un ahorro del total del material utilizado.

Según "Solid Waste Handbook" de la Universidad de Michigan, el reciclaje de aluminio consume 95% menos energía que la producción directa utilizando el material.

Según EPA, el reciclaje del acero ahorra entre el 60 y 74% de la energía utilizada para producirlo con materias primas y para el plástico el ahorro es de un 33%.

Considerando el impacto de la electricidad en el proceso de reciclaje se asume que el reciclaje de los tres materiales resulta en un ahorro del 76%, 56% y 13% para aluminio, acero y plástico respectivamente.

Se consultó a la empresa argentina SCRAPSERVICE, empresa líder para el procesamiento de chatarra, para comprender la etapa de fin de vida útil. El proceso es el siguiente:

- se remueve la batería
- se ingresa el resto del vehículo en el molino de trituración donde se obtiene: shredder (se utiliza como materia prima para la fabricación de acero), no metálicos y resto (aserrín de plásticos y otros que se reutilizan como combustible).

Si bien según la información provista por SCRAPSERVICE el plástico no se recicla, se considera razonable incluir su reciclado en el modelo de ciclo de vida porque a nivel internacional sí se recicla y gran parte del parque automotor argentino se fabrica en el extranjero.

La etapa de disposición final se modela utilizando los mismos módulos de la etapa producción. Solo que al representar un ahorro en el total del material utilizado el impacto en el ciclo de vida de esta etapa es positivo.

4.3. Análisis de resultados

Los resultados de la modelización se analizarán en base al indicador “Greenhouse Effect 100 years” (E, en adelante). El SW cuenta con otros indicadores que miden: el agotamiento de recursos naturales, la acidificación atmosférica, el agotamiento del ozono estratosférico, eutroficación, toxicidad humana, entre otros. Se considera que estos otros indicadores no son de interés para el objeto de este estudio en una primera aproximación.

El índice E mide los efectos potenciales directos sobre el calentamiento global de la emisión de 38 gases de invernadero. Se expresa en g. de CO₂ equiv. y se calcula como:

$$E = \sum GWPI \times m_i$$

Donde para el gas de invernadero “i”:

m_i = masa del gas emitido (kg.)

GWPI = Potencial de Calentamiento Global del gas

El GWP del gas de invernadero “i” para el indicador E se define como el cociente entre la fuerza radiativa acumulada al presente y dentro de 100 años como resultado de la emisión de una unidad de gas de invernadero “i” en el presente y una emisión igual de dióxido de carbono. El cálculo del GWP se basa en la comprensión del destino del gas emitido y el efecto radiativo asociado con la cantidad que permanece en la atmósfera.

Los resultados obtenidos para el Greenhouse effect son:

Modelo	Ciclo de vida automóvil	Producción	Uso	Fin vida útil
COROLLA'97	42.4	3.7	41.1	(2.4)
COROLLA'07	38.0	4.1	36.5	(2.6)
PRIUS'07	21.8	4.6	20.2	(2.9)

TABLA 4.10: Resultado obtenidos para el indicador E (ton CO₂ equiv.).

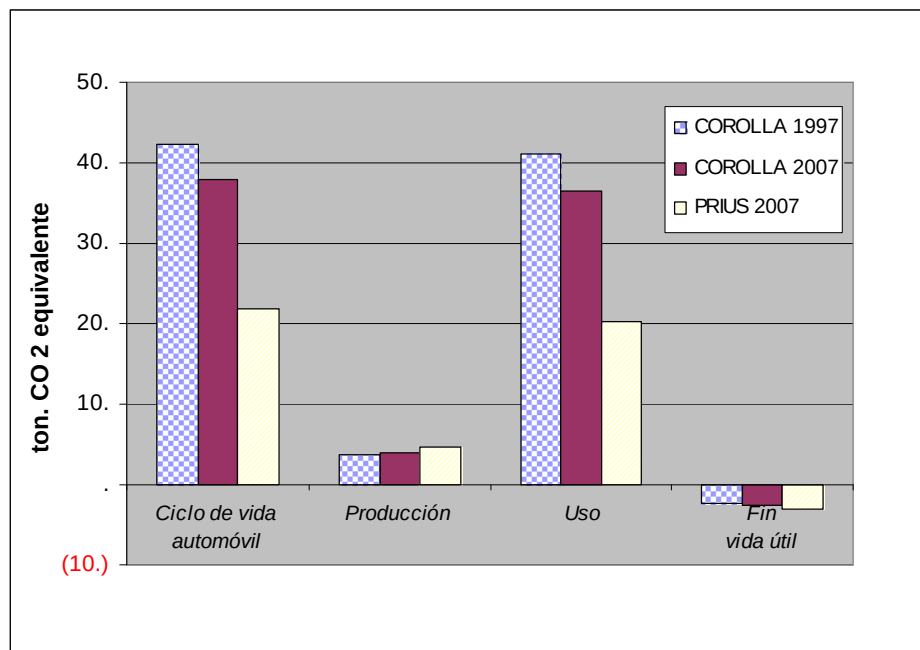


FIGURA 4.5: Resultado obtenidos para el indicador E (ton CO₂ equiv.).

Se observa que mientras el indicador E del Corolla 2007 es 10% menor que el del Corolla 1997, el del Prius es un 48% menor.

El efecto positivo en la etapa disposición final no se analiza porque no contempla el costo ambiental de la disposición final sino solo el ahorro que implica el reciclaje de materiales.

5. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

5.1. Premisas

Se analizarán las variaciones en el impacto del ciclo de vida del automóvil en función de:

- vida útil del automóvil,
- tipo de ruta,
- consumo de combustible,
- composición de materiales.

5.1.1. Vida útil

Se asumió una vida útil de 150.000 Km. considerando: que – según ADEFA- el parque automotor argentino 2006 tiene una antigüedad promedio de 13 años y medio y un kilometraje anual de 11.000 km.

Dado que el impacto ambiental de un automóvil se realiza mayormente en la etapa uso, se analiza cómo varía el impacto en función del uso.

Sin modificar ninguna de las otras premisas se calculó el impacto ambiental de los tres vehículos modelizados para una vida útil de 0 Km. a 250.000 Km. Los resultados obtenidos son:

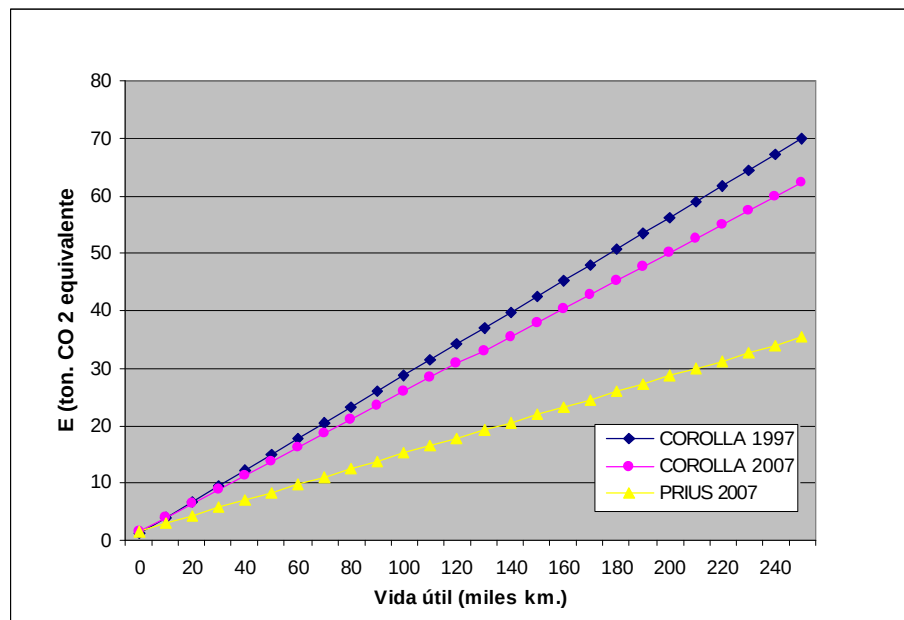


FIGURA 5.1: Evolución del impacto ambiental en función de la vida útil (ton CO₂ equiv.).

La pendiente de las tres curvas es la siguiente:

	Prius'07	Corolla'07	Corolla '97
Pendiente	134	244	274

TABLA 5.1.: Pendiente de las curvas de evolución del impacto ambiental en función de la vida útil (g CO₂ equiv./ Km.).

Según la EPA, las emisiones de gases de invernadero – dióxido de carbono, óxido nitroso y metano- durante la etapa de uso son:

Tipo de índice	Prius' 07	Corolla '07	Corolla '97
Emisiones de gases de invernadero	104	195	220

TABLA 5.2.: Emisiones de gases de invernadero (g CO₂ equivalente/ Km.)

Estas emisiones representan el 77% de la pendiente de la curva de vida útil para el Prius'07 y el 80% para los modelos Corolla. Alrededor del 80% de las emisiones se producen durante el manejo del auto. El resto corresponde a las emisiones durante la producción de combustible, y a las de las etapas producción y fin de vida útil.

El impacto ambiental del ciclo de vida del Prius'07 y del Corolla'07 es menor que el del Corolla '97 a lo largo del rango de vida útil analizado (excluyendo el momento del inicio del uso donde el impacto del Corolla'97 es menor ya que – a igual composición porcentual de materiales es el vehículo más liviano).

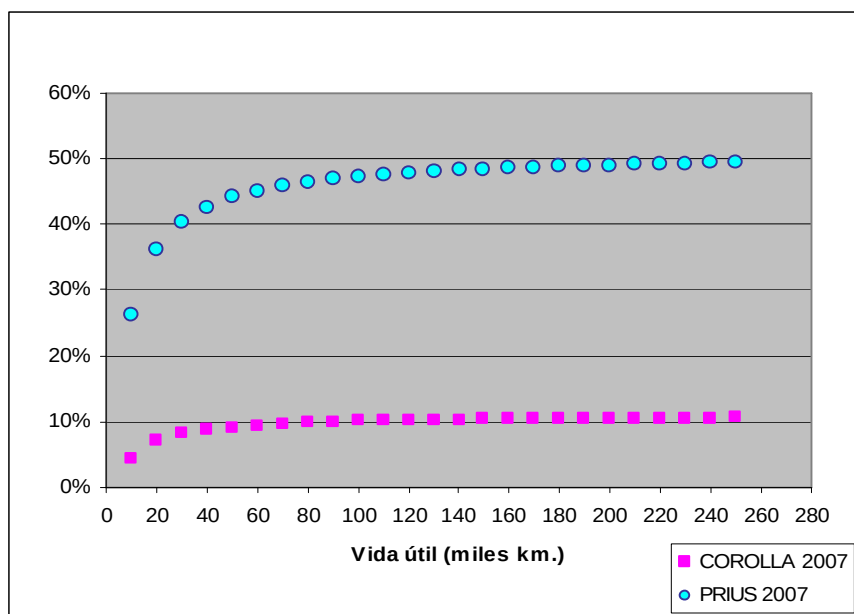


FIGURA 5.2: Disminución impacto ciclo de vida respecto al Corolla'97.

A los 60.000 Km. el Corolla'07 tiene un impacto 10% menor que el del Corolla '97 que a partir de los 180.000 Km. se estabiliza en 11% (este valor se mantiene incluso si duplicásemos la vida útil máxima analizada – 250.000 Km.).

El Prius'07 presenta un impacto significativamente menor: a los 60.000 Km. en un 45%, a los 160.000 Km. 49% y a partir de los 260.000 Km. se estabiliza en un 50%.

5.1.2. Tipo de ruta

El consumo de combustible varía según la velocidad de desplazamiento del automóvil, lapsos de aceleración/ desaceleración, entre otros. Dejando de lado el estilo de manejo, en lineamientos generales, no es lo mismo el consumo de combustible de un vehículo en la autopista – donde puede desplazarse a

velocidad de cruce- que en la ciudad donde el tráfico y los semáforos imposibilitan un desplazamiento a velocidad constante.

Según la EPA el consumo de combustible de los vehículos estudiados es:

Tipo de índice	Prius '07	Corolla '07	Corolla '97
Combinado	5.1	8.1	9
Ciudad	4.9	9	10.2
Autopista	5.2	6.7	7.6

TABLA 5.3: Consumo de combustible (l/ 100 Km).

En el Estudio de Ciclo de Vida se utilizó el consumo “combinado”. Se calculará el impacto durante la vida útil de los tres vehículos utilizando el consumo de “ciudad” y “autopista”.

Los resultados obtenidos para los tres modelos estudiados en ambos ciclos son:

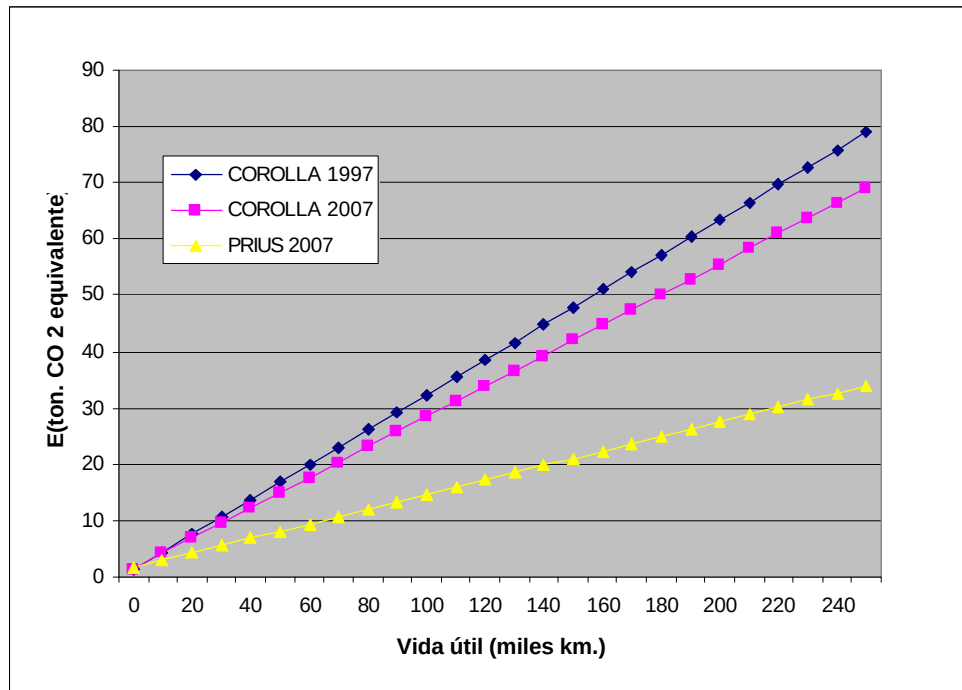


FIGURA 5.3: Impacto ambiental de los automóviles utilizando el consumo de combustible “CIUDAD” (ton CO₂ equiv.).

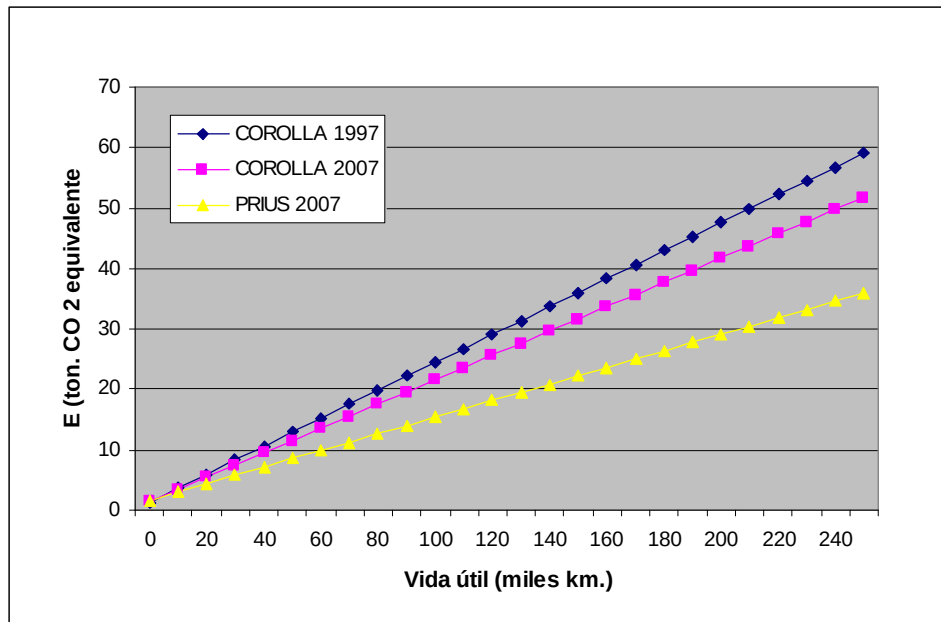


FIGURA 5.4: Impacto ambiental de los automóviles utilizando el consumo de combustible "AUTOPISTA" (ton CO₂ equiv.).

Cuando se analizó el efecto de la vida útil en el impacto del ciclo de vida del automóvil (utilizando ciclo combinado) los resultados indicaron un impacto alrededor del 11% menor y 49% menor respecto al Corolla 1997 para el Corolla 2007 y el Prius 2007 respectivamente.

El impacto del Corolla'07 respecto al del Corolla'97 no varía considerablemente al en los distintos ciclos: para la autopista se estabiliza en 12% menor a partir de los 90.000 Km. y para la ciudad se estabiliza también en un 12% menor a partir de los 70.000 km.

El Prius'07, por otra parte, tiene un menor impacto de 49 % en ciclo combinado, 38% menor en la autopista y 56% menor que el Corolla'97 en la ciudad.

El menor impacto de los modelos Corolla para los tres ciclos analizados es en el ciclo "autopista" y el mayor en el ciclo "ciudad". Como se mencionó en la descripción de las distintas tecnologías en el capítulo 1, los vehículos con motores de combustión interna son más eficientes cuando se desplazan a velocidad de

crucero. Por ende, era esperado que el impacto en el ciclo “autopista” fuese menor que en los otros dos ciclos.

En cambio, para el Prius ´07, el menor impacto se produce en el ciclo “ciudad” y el mayor en el ciclo “autopista”. Es importante destacar que mientras para los modelos Corolla la variación del impacto según el tipo de ciclo puede variar hasta un 33 % según la vida útil, para el caso del Prius la variación máxima del impacto de dos ciclos distintos es de un 6%.

Los vehículos con motores de combustión interna pierden energía en los semáforos, cuando se frena el vehículo, y en cualquier condición en la que el motor no funcione a condiciones óptimas. La tecnología desarrollada por Toyota en el Prius resulta en un uso eficiente de la energía bajo cualquier condición de manejo. Por este motivo la disminución del impacto del Prius respecto al del Corolla´97 en el ciclo ciudad es la más considerable.

5.1.3. Consumo de combustible

Según el estudio sobre el peso y la elasticidad del consumo de combustible efectuado por una consultora automotriz alemana para el World Auto Steel del IISI [FKA, 2007], una reducción del peso en un 10% resulta en una reducción del consumo de combustible entre 1.9% y 3.2% para los vehículos con MCI a nafta. Según este estudio, la sensibilidad de los resultados al variar el peso están influenciados por muchos parámetros y por ende no es recomendable efectuar modelizaciones sencillas.

Se analizará la evolución del consumo de combustible de distintos modelos Corolla y Prius sujeto a la disponibilidad de información.

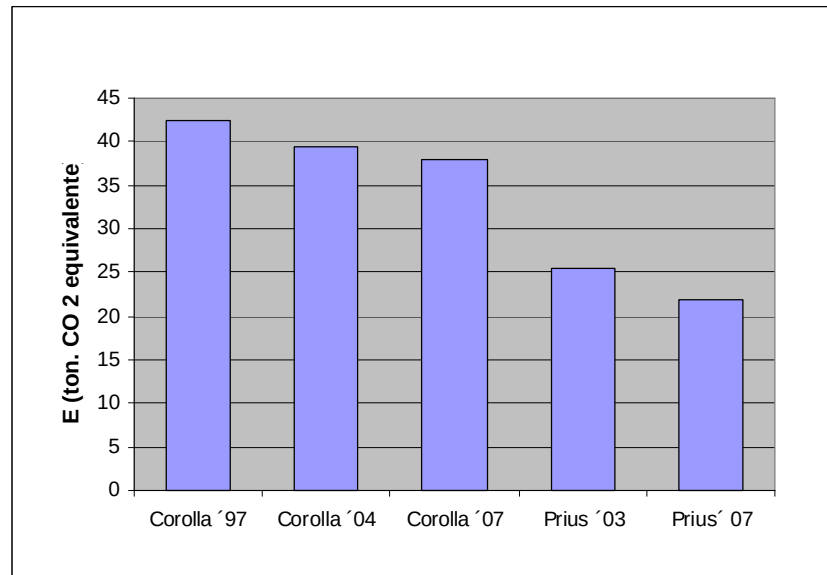
En el caso del Prius, los valores publicados por la EPA muestran que el consumo de combustible del Prius´07 es el mismo que los modelos ´06, ´05 y ´04 y que recién difiere del Prius´03. Los consumos de combustible del Prius ´03 son los mismos que los de los modelos ´02 y ´01, primer año en que se registra dicho vehículo. Para el Corolla se suma el análisis del modelo ´04.

El consumo de combustible de los modelos a analizar es:

Tipo de índice	Prius '07	Prius '03	Corolla '07	Corolla '04	Corolla '97
Combinado	5.1	5.7	8.1	8.4	9
Ciudad	4.9	5.6	9	9.4	10.2
Autopista	5.2	5.7	6.7	6.9	7.6

TABLA 5.4: Consumo de combustible (l/ 100 Km).

Los resultados obtenidos para una vida útil de 150.000 Km. son:

FIGURA 5.5: Evolución del impacto ambiental en función del consumo de combustible (ton CO₂ equiv.).

El impacto del Corolla'04 es un 7% menor que el del Corolla'97 y el del Corolla'07 es un 4% menor – aprox.- que el del Corolla'04 lo que resulta en un 10% menor que el del Corolla'97 como se vio en el capítulo 3.

El impacto del Prius'03 es un 40% menor que el del Corolla'97. A su vez, el impacto del Prius'07 es un 14 % menor que el del Prius'03.

5.1.4. Composición de materiales

Se analizará el efecto de reemplazar el acero por aluminio y luego por plástico. Los resultados obtenidos para el Corolla 2007 son:

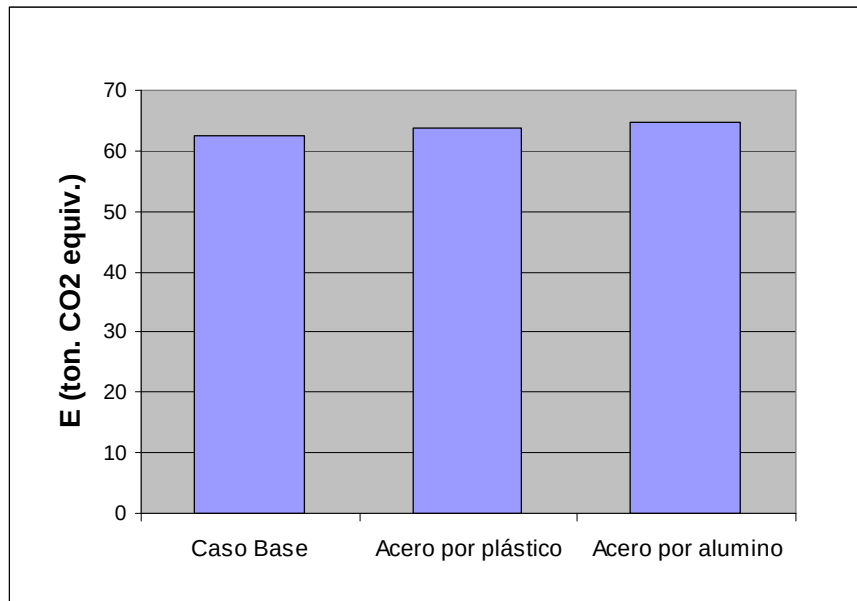


FIGURA 5.6: Efecto de la composición material en el impacto ambiental del automóvil (ton CO₂ equiv.).

El efecto de reemplazar acero por plástico se traduce en un incremento del impacto ambiental a lo largo de la vida útil del 2% respecto del caso base mientras que al reemplazar el acero por aluminio resulta en un incremento del 4%.

5.2. Análisis económico

En Argentina no se comercializan vehículos híbridos. Se analizará el efecto de incorporar progresivamente esta tecnología en el parque automotor nacional en los próximos 10 años frente a mantener la flota con la tecnología actual.

Para ello primero se proyecta la cantidad de automóviles en el parque automotor argentino durante los próximos 10 años. Se analizan dos escenarios:

- CASO BASE: se proyecta una tendencia de crecimiento constante e igual a la tasa 05- 06 (1,7%).
- CASO CRECIMIENTO MODERADO: se proyecta una tendencia de crecimiento moderada del 0,5% anual debido al impacto de un posible incentivo al transporte público.

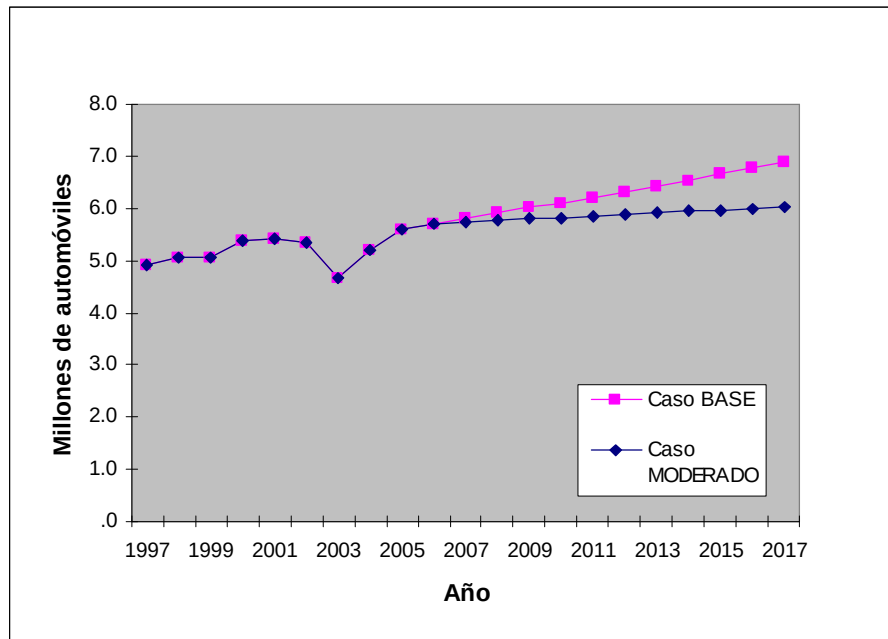


FIGURA 5.7: Parque automotor argentino- 1997- 2017 (Mill. de vehículos).

Respecto a las emisiones, se asume que las emisiones del Corolla representan las emisiones promedio de los automóviles. Las emisiones del Corolla disminuyeron un 11 % en el periodo 1997- 2007. Se proyecta una disminución lineal similar en los próximos 10 años.

Para proyectar las emisiones del Prius se adopta una postura conservadora: se asume una reducción del 12% en los próximos 10 años – similar a la evolución de las emisiones del Corolla en el periodo 1997- 2007. Al ser una tecnología nueva es factible que las emisiones se reduzcan aún más.

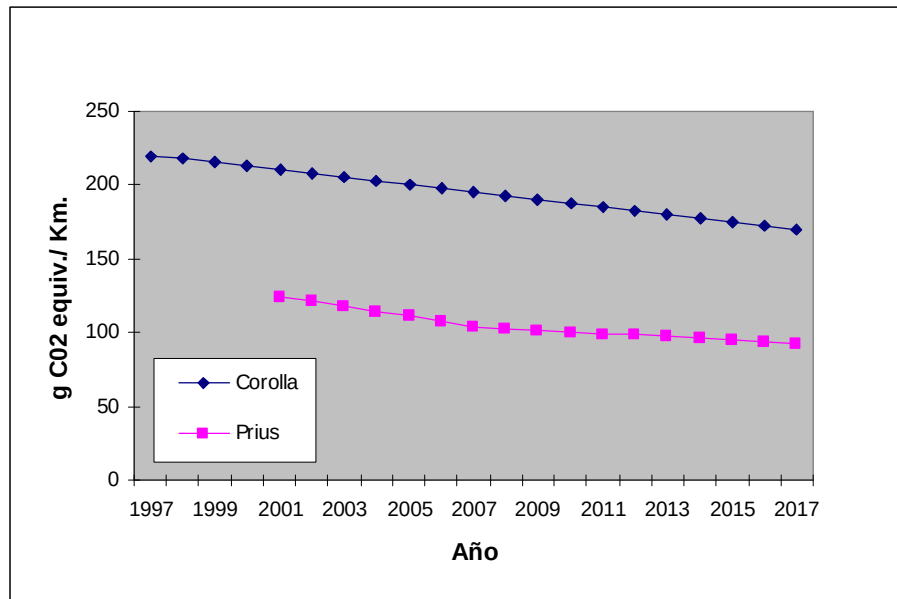


FIGURA 5.8: Emisiones proyectadas Prius y Corolla- 2008- 2017 (g Co2 equiv./ Km.).

5.2.1. CASO BASE

Asumiendo un kilometraje anual de 15.000km por vehículo, las emisiones anuales del parque automotor argentino serían:

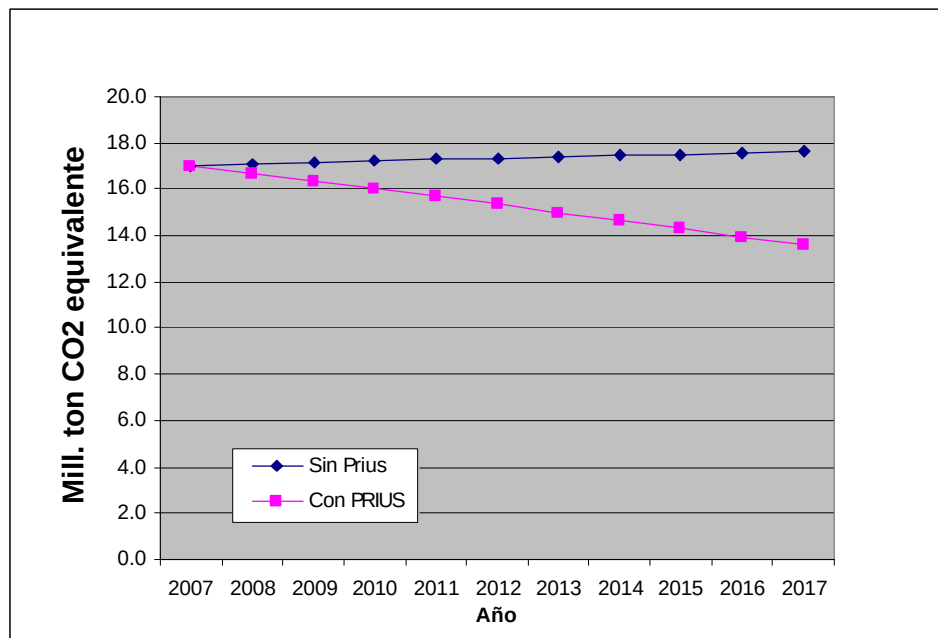


FIGURA 5.9: Proyección de emisiones del parque automotor argentino CASO BASE- (Mill. ton CO₂ equiv./ Km.).

La curva “Con Prius” incluye la incorporación del Prius como 5% de los vehículos del parque automotor a partir del año 2008 y un incremento anual del 5%. Para el año 2017 el % de Prius representa el 50%.

El ahorro en las emisiones de CO₂ equivalente del parque automotor de automóviles con Prius respecto al que no incorpora esta nueva tecnología es de 22 millones de toneladas en los 10 años proyectados. El Valor Actual Neto (VAN) de este ahorro en los 10 años proyectados tomando una tasa del 10% es de 350 Mill. us\$. Este cálculo se realizó tomando una cotización constante de 30 us\$/ ton. CO₂ pero es factible que en 10 años su cotización aumente.

Si se estima un crecimiento de la cotización hasta alcanzar un valor de equilibrio de 60 us\$/ ton. CO₂ en el año 2017 el VAN resulta ser de 550 Mill. us\$.

5.2.2. CASO MODERADO

Asumiendo un kilometraje anual de 15.000km por vehículo, las emisiones anuales del parque automotor argentino serían:

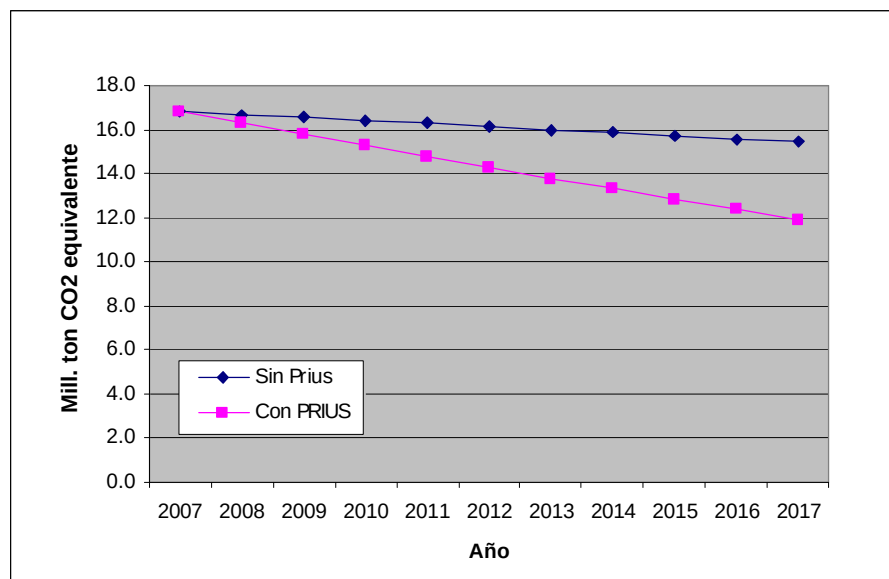


FIGURA 5.10: Proyección de emisiones del parque automotor argentino CASO MODERADO- (Mill. ton CO₂ equiv./ Km.).

El ahorro en las emisiones de CO₂ equivalente del parque automotor con Prius respecto al que no incorpora esta nueva tecnología es de 20 millones de toneladas en los 10 años proyectados.

El VAN de este ahorro en los 10 años proyectados tomando una tasa del 10% es de 320 Mill. us\$ si se considera una cotización constante de 30 us\$/ ton (cotización promedio Nov'07 según www.pointcarbon.com). Si la cotización creciese hasta alcanzar un valor de equilibrio de 60 us\$/ton en el año 2017 el VAN resulta ser de 500 Mill. us\$.

Según Toyota EUA las versiones más económicas del Corolla'07 y el Prius'07 ascienden a 14.405 us\$ y 20.950 us\$ (no incluye impuestos ni gastos originados por la compra) respectivamente. La diferencia de costo entre ambos vehículos es de 6.545 us\$.

Considerando que el Prius'07 consume 3l/100 Km. menos que el Corolla'07 y asumiendo una vida útil de 150.000 km. y un costo de nafta a un valor de equilibrio de 2 us\$/ l el VAN del ahorro en combustible a una tasa del 10% del Prius respecto al Corolla es de 6.000 us\$.

Se analiza la conveniencia de incentivar la tecnología del vehículo Prius en nuestro país considerando una cotización de 30 US\$/ ton CO₂ con un crecimiento anual hasta alcanzar un valor de equilibrio de 60 us\$/ ton en el año 2017. Las emisiones de un Corolla'07 son de 195 g. CO₂/ km. y las del Prius 104 g. CO₂/ km. Considerando una vida útil de 150.000 Km. elegir un Prius en lugar de un Corolla resulta en una reducción de las emisiones de 14 ton CO₂. El VAN de este ahorro es de 400 us\$.

En este escenario el Estado Argentino podría incentivar la incorporación de vehículos híbridos hasta 400 us\$ por cada vehículo Prius que se venda. Considerando el ahorro de combustible y el incentivo estatal propuesto la diferencia de costos entre ambos vehículos no es significativa.

6. CONCLUSIONES

En primer termino, enfocando los aspectos metodológicos del proyecto, destacamos el empleo de la modelización del Ciclo de Vida para analizar el impacto ambiental de los vehículos estudiados. La experiencia resultó ser muy positiva.

La complejidad del modelo de Ciclo de Vida varía según la disponibilidad de información y el tiempo disponible y los objetivos que se planteen en cada caso. La disponibilidad y validez de la información utilizada es clave para asegurar los resultados buscados.

En nuestro caso, sujeto a restricciones de información exhaustiva y consistente para la adaptación de valores de performance en el medio argentino, se modelizó el ciclo de vida de un automóvil y se analizaron los resultados obtenidos en atención al posible estudio de medidas de mitigación del cambio climático en nuestro país.

El análisis de la selección del software permitió valorar sus características y posibilidades de empleo en estudios similares al realizado. Comprobamos que esta herramienta se adapta muy bien a las necesidades del usuario. Los resultados obtenidos dependen de la validez de la modelización y de la calidad de los datos utilizados en la base. En nuestro caso, teniendo en cuenta este factor, se optó por el SW que disponía la base más completa en relación al ciclo estudiado.

En segundo lugar, uno de los objetivos principales de este Proyecto Final se orientó a estudiar el impacto ambiental de emisiones gaseosas de los automóviles en Argentina y analizar las tendencias vigentes en el desarrollo de nuevos modelos de vehículos.

A través de investigación bibliográfica realizada, se comprobó que más del 80% del impacto del ciclo de vida de un vehículo se encuentra en su etapa de uso, y como resultado de la modelización se observa una disminución del impacto ambiental de los vehículos con MCI de alrededor del 10%.

Las perspectivas futuras fueron contrastadas con la incorporación al mercado argentino de vehículos híbridos.

Con el fin de analizar la conveniencia de incorporar vehículos híbridos a nuestro parque automotor, se proyectó la tendencia de emisiones de los automóviles que integran el parque automotor durante los próximos 10 años en dos escenarios: escenario base – crecimiento anual equivalente a la tasa de crecimiento 05- 06 del 1,7 %- y escenario moderado – tasa de crecimiento del 0,5% anual. En ambos escenarios, se analizaron las emisiones totales de los automóviles sin incorporar vehículos híbridos y con un reemplazo del 5% anual acumulativo (50% para el año 2017).

La mejora en emisiones de gases de efecto invernadero que puede proyectarse a partir del análisis es de 20 Mill. ton CO₂ equiv. en los 10 años proyectados.

Un aspecto que destacamos de nuestro proyecto es el análisis de las condiciones económicas que permiten la adopción de los vehículos híbridos. Si bien es cierto que una parte del mercado de vehículos híbridos en otros países esta determinado por consumidores con una alta conciencia ambiental, evidentemente la adopción solo puede extenderse si existe una conveniencia económica para el usuario.

En este sentido hemos verificado que considerando una vida útil de 150.000 Km. en 10 años el VAN del ahorro en combustible del Prius respecto del Corolla– costo combustible a un valor de equilibrio de 2 us\$/ l– con una tasa de descuento del 10% es de 6.000 us\$.

Según los precios de venta de Toyota EUA la diferencia entre un Corolla´07 y un Prius´07 es de 6.545 us\$. Por lo tanto el costo del Prius resulta menor que el del Corolla en términos de su performance energética.

Finalmente, en tercer lugar, hemos estudiado el impacto económico que puede tener a nivel nacional la adopción de la tecnología híbrida, y eventualmente el incentivo que puede establecerse para favorecer el cambio tecnológico, a partir del valor actual y proyectado del carbono.

Asumiendo una tasa del 10% y una cotización de 30 us\$/ ton CO₂ la incorporación de híbridos según nuestras hipótesis - tomando una tasa del 10% anual- permite obtener un beneficio entre 350- 380 Mill. us\$. Asumiendo un crecimiento en el valor del carbono del 10% anual el ahorro para el periodo proyectado ronda los 660- 730 Mill. us\$.

Con estos valores el Estado Argentino podría incentivar la adopción de tecnología híbrida a través de un subsidio a la producción o compra de este tipo de vehículos, aun sin contemplar los beneficios intangibles de incorporar una tecnología con mejor performance en el uso energético.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ADEFA, Anuarios 1994 a 2007.
- Bunnell, D, , Predicting Worldwide Consumption of Petroleum by Correlating GDP Growth and Energy Efficiency.
- CEADS, Escenario de emisión de gases efecto invernadero- Argentina 1012.
- Daniels, E., Carpenter, J., 2005, Baseline Assessment of Recycling Systems and Technology.
- De Cicco, J., 2000, Hybrid Vehicles in Perspective: Opportunities, Obstacles, and Outlook, Presented at the Intertech Hybrid Vehicles 2000 Conference Windsor, Ontario.
- ECMT (European Conference of Ministers of Transport), 2007, Cutting transport CO₂ emissions- What progress?.
- Ecobilan, 2004, TEAM Getting started with TEAM 4.0 Tutorial.
- Ecobilan, 2004, TEAM Users's Manual.
- Ehrenfeld, J., 2001, Designing "sustainable" product/ service systems.
- Elasticity of Fuel Economy for Conventional ICE Vehicles, Hybrid Vehicles and Fuel Cell Vehicles, CONTRACTOR: IISI.
- EPA (US Environmental Protection Agency), Fuel economy guide 1998 a 2008.
- EPA, 2005, Fuel Consumption Modeling of Conventional and Advanced Technology Vehicles in the Physical Emission Rate Estimator (PERE)
- European Automobile Manufacturers Association (ACEA), 2007, European automobile industry report 07- 08.

- European Environment Agency, 2006, Energy and the environment in the European Union- Tracking progress towards integration.
- FKA (Forschungsgesellschaft kraftfahrwesen mbh aachen), 2007, Determination of Weight elasticity of fuel economy for conventional ICE vehicles, hybrid vehicles and fuel cell vehicles. CONTRATOR: IISI.
- Ford, 2005, Report on the business impact of climate change.
- Ford, Sustainability report 0405 y 0506.
- Frühbrodt, E., Druckmaschinen, H., LCA Software review- AN up- to- date overview of the European market.
- Garcia Velasco, J., 2004, Planeamiento ambiental y ecodiseño.
- Guinée, J. , 2002, Life cycle assessment: an operational guide to ISO standards.
- IEA (International Energy Agency), 2006, Key world statistics.
- IEA, 2005, CO₂ emissions from fuel combustion.
- IISI (International Steel and Iron Institute), 2002, New Steels are Key Enablers of Tomorrow's Safe, Affordable, Fuel Efficient Vehicles
- IISI, Factsheets 1 a 7.
- Institute for European Environmental Policy, TNO Science and Industry, Laboratory of applied thermodynamics, 2006, Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂-emissions from passenger cars.
- International Material Data System (IMDS), 2007, What you should know about IMDS.
- IPCC, 2007, Assessment Report nº 4.
- IPCC, 2005, Carbon dioxide capture and storage.

- IPCC, 2006, Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories.
- Joshi, S., 2000, Product environmental life-cycle assessment using input-output techniques, Journal of industrial ecology.
- Luttrupp, C., Ten golden rules in ecodesign.
- MacLean, H., Lave, L., Lankey, R., Joshi, S., 2000, A Life-Cycle Comparison of Alternative Automobile Fuels.
- Medina, H., 2006, Eco- design for materials selection in automobile industry.
- Medina, H., Naveiro, R., 2003, Designing for sustainability: Tomorrow's car encompassing environmental paradigm.
- Michigan Univ., Solid waste handbook.
- Motavalli, J., Apr 2007, Cleaner, greener cars, E magazine.
- Pidwirny, M, 2006, Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition.
- Renault, Sustainable development reports.

URL: www.renault.com

- Rogers, V., 1999, Ecodesign: A practical approach to sustainability, 1999.
- SAYDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina), 2006, Sistema de indicadores de desarrollo sostenible República Argentina.

URL: www.ambiente.gov.ar

- SAYDS, 2006, Segunda comunicación nacional.
- SUSTAIN, Planes, Trains, Automobiles and Bicycles: Sustain's policy on greener travel.

- T&E (European Federation for Transport and the Environment), 2007, Carbon dioxide emissions from transport in the EU27.
- Toyota Argentina S.A., 2006, Reporte ambiental y social.
- Toyota Environmental and social report 04-05, 05- 06.
- Toyota Sustainability Report 2004 al 2006.
- Toyota, Hybrid Synergy Drive Information Terminal.

URL: www.hybridsynergydrive.com

- Toyota, March 2006, Green purchasing guidelines.
- Toyota, Prius green report.
- Toyota, 2006, Sustainable mobility and the development of advanced technology vehicles.
- UNEP Department of economic and social affairs, 2002, Industry and Sustainable Development, Background Paper nº 10.
- UNFCCC SBSTA, 2007, Tackling CO2-emissions from cars – European Commission's proposal for a revised strategy to reduce CO2 from light vehicles.
- United Nations Environment Programme, Agenda 21.

URL: www.unep.org

- United Nations Framework Convention on Climate Change, Essential background.

URL: www.unfccc.int

- WCED, 1987, Our common future (Brundtland Report).
- Wimmer Wolfgang¹, Lee Kun-Mo², Jeong In-Tae², Hong John-Hee, 2005, Ecodesign in twelve steps – providing systematic guidance for considering

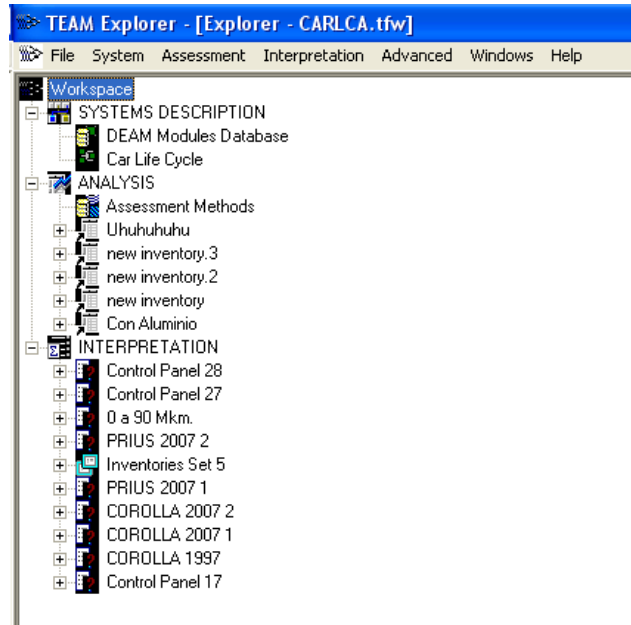
environmental aspects and stakeholder requirements in product design and development, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN ICED 05 MELBOURNE, AUGUST 15-18, 2005.

- WRI (World Resources Institute), 2003, Car companies & climate change: measuring the carbon intensity of sales and programs.

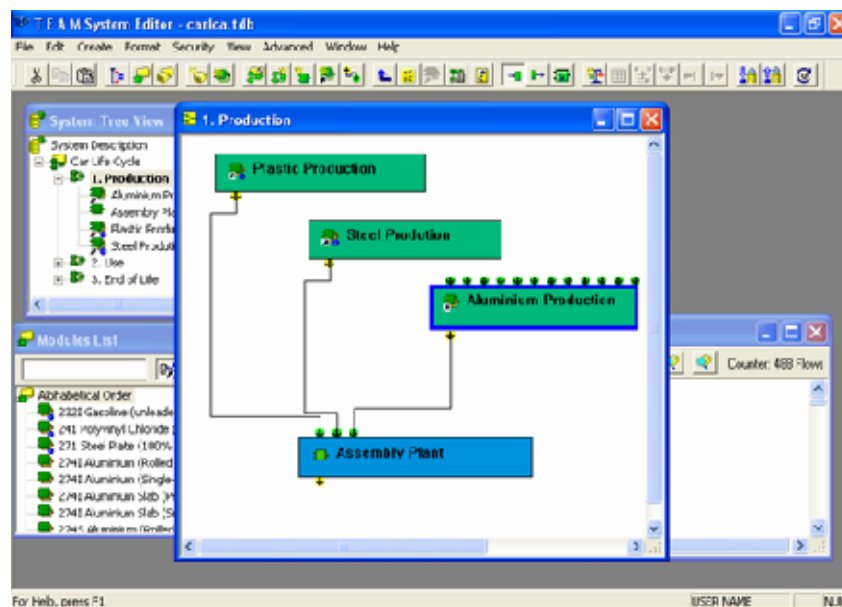
8. ANEXOS

8.1. Impresiones de pantalla del TEAM

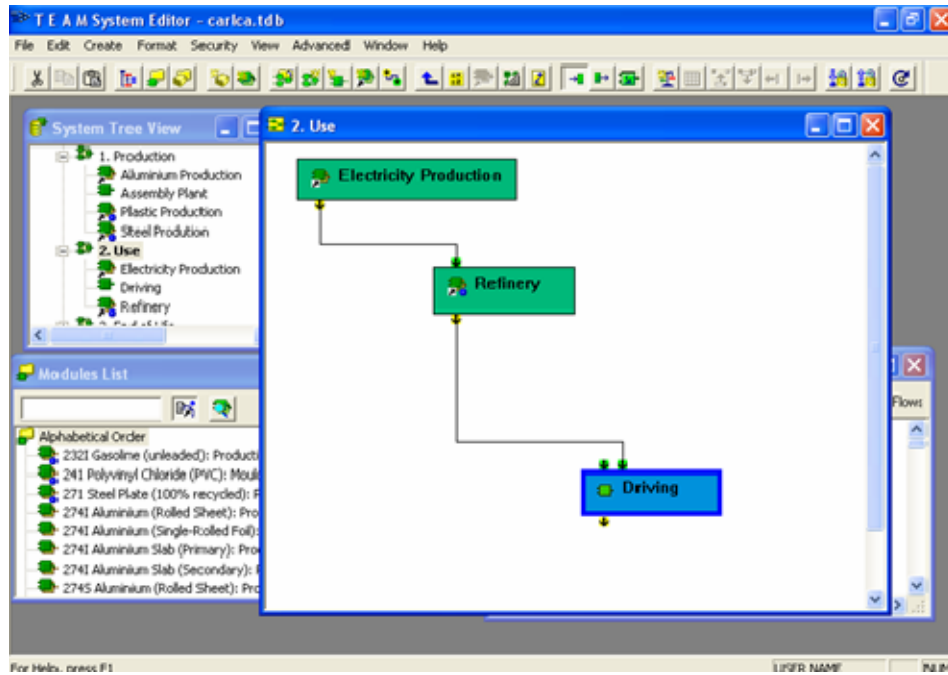
Workspace



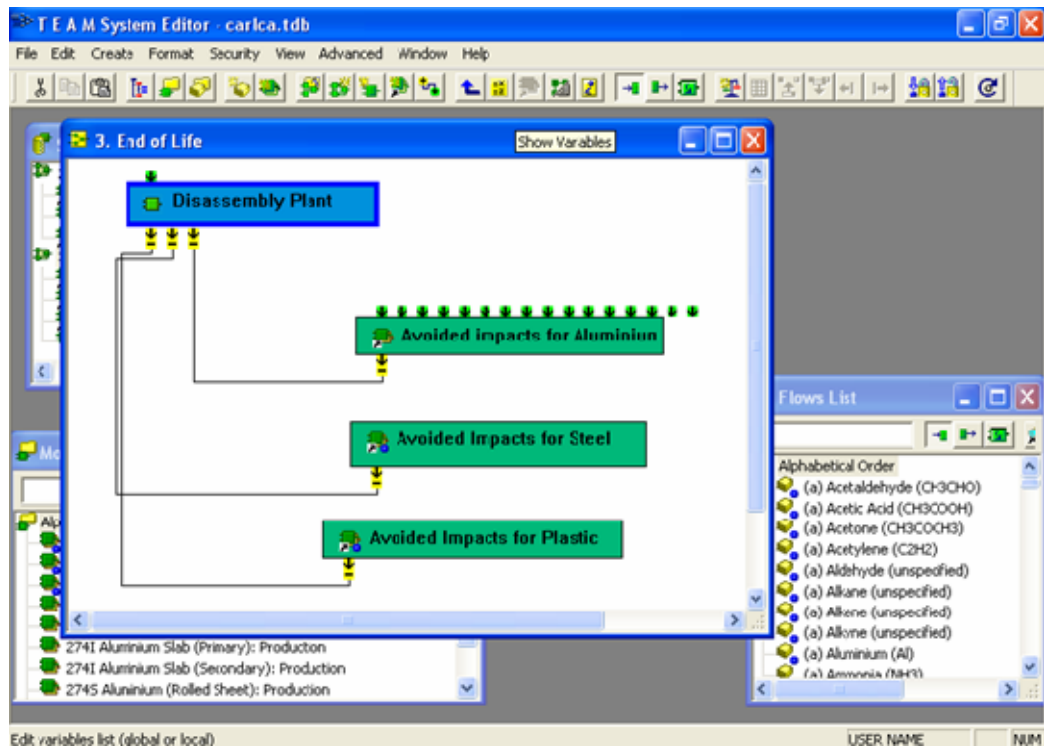
Producción



Uso



Fin de vida útil



Módulo de producción de aluminio

T E A M System Editor - carlca.tdb

File Edit Create Format Security View Advanced Window Help

274I Aluminium (Rolled Sheet):

Name: 274I Aluminium (Rolled Sheet): Production Variables: <INFO>

Formula: Change User Change Prod Create Text File

	Info	F	Flow	Units	Formula Value	Formula
65			Water: River	litre	0.000381939	0.0003819386530146
66			Water: Sea	litre	0.000101559	0.0001015586592701
67			Water: Unspecified Origin	litre	1.48399	1.4839917922783
68			Water: Well	litre	1.74103e-007	1.7410348233662e-007
69			Wood	kg	0.0102011	0.010201107574358
70	Outputs: (262)		(a) Acetaldehyde (CH3CHO)	g	1.11236e-005	1.1123559670848e-005
71			(a) Acetic Acid (CH3COOH)	g	0.000608812	0.0006088122547639
72			(a) Acetone (CH3COCH3)	g	7.72169e-006	7.7216852533189e-006
73			(a) Acetylene (C2H2)	g	2.48047e-005	2.4804718361021e-005
74			(a) Aldehyde (unspecified)	g	0.00305682	0.003056823643428
75			(a) Alkane (unspecified)	g	0.0111174	0.01111736333614
76			(a) Alkene (unspecified)	g	5.04438e-005	5.0443834972384e-005
77			(a) Alkyne (unspecified)	g	2.55701e-007	2.5570101213486e-007
78			(a) Aluminium (Al)	g	0.000298218	0.0002982178469352
79			(a) Ammonia (NH3)	g	0.0254827	0.025482739241435

For Help, press F1 USER NAME NUM

Inventario

T E A M System Editor - [Inventario]

File Edit Create Format Security View Advanced Window Help

Name: Inventario Snapshot ... Modality

Values are current

	Flow	Units	Car Life Cycle	1. Production	2. Use	3. End of Life
1	(a) Carbon Monoxide (CO)	g	652580	0	652580	0
2	(a) Nitrogen Oxides (NOx as NO2)	g	10876.3	0	10876.3	0
3	(r) Barium Sulphate (BaSO4, in ground)	kg	1.36176	0.143624	1.32729	-0.109154
4	(r) Bauxite (Al2O3, ore)	kg	915.711	3806.25	2.17873	-2892.72
5	(r) Bentonite (Al2O3.4SiO2.H2O, in ground)	kg	0.128611	0.0134746	0.125377	-0.0102407
6	(r) Calcium Sulphate (CaSO4, ore)	kg	0.088393	0.000783612	0.088205	-0.000595545
7	(r) Chromium (Cr, ore)	kg	0.000261966	2.82559e-005	0.0002551	-2.14745e-005
8	(r) Clay (in ground)	kg	0.90087	0.0315482	0.893299	-0.0239767
9	(r) Coal (in ground)	kg	612.703	1583.51	154.781	-1125.59
10	(r) Copper (Cu, ore)	kg	0.00133156	0.000139408	0.0012981	-0.00010595
11	(r) Dolomite (CaCO3.MgCO3, in ground)	kg	1.34935e-006	5.62229e-006	0	-4.27294e-006
12	(r) Feldspar (ore)	kg	2.12483e-007	8.85347e-007	0	-6.72864e-007
13	(r) Fluorspar (CaF2, ore)	kg	6.51137	27.1307	0	-20.6193
14	(r) Granite (in ground)	kg	2.12483e-007	8.85347e-007	0	-6.72864e-007
15	(r) Gravel (unspecified)	kg	12.0803	0.106624	12.0547	-0.0810343
16	(r) Iron (Fe, ore)	kg	5.96378	5.37045	4.04664	-3.45331
17	(r) Iron Sulphate (FeSO4, ore)	kg	0.00466454	0.000863175	0.004457	-0.000658013
18	(r) Lead (Pb, ore)	kg	0.00041645	4.65634e-005	0.000405	-3.53882e-005
19	(r) Lignite (in ground)	kg	506.11	1417.52	126.65	-1038.06
20	(r) Limestone (CaCO3, in ground)	kg	45.279	152.376	6.19588	-113.292

For Help, press F1 USER NAME NUM

Panel de control para simulación del impacto al variar la vida útil

TEAM Explorer - [Edit variables for simulation]

File Edit Format Simulation Tuning Windows ?

Run Number of simulations 16 + Reference Flow OUT: Car Life Cycle/2. Use/Car (used) Value 1 Unit unit

G6		794									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1					var53_01.t	var53_02.t	var53_03.t	var53_04.t	var53_05.t	var53_06.t	var53_07.t
2					ecob53_01	ecob53_02	ecob53_03	ecob53_04	ecob53_05	ecob53_06	ecob53_07
3	System Description	VARIABLE			90	80	70	60	50	40	
4	NODE LOC	MODULES	NAME	VALUE							
5		GlobalVari	Aluminum Qty (kg)	190	235	235	235	235	235	235	
6		GlobalVari	Steel Qty (kg)	642	794	794	794	794	794	794	
7		GlobalVari	Plastic Qty (kg)	228	282	282	282	282	282	282	
8											
9	NODE LOC	NODES	NAME	VALUE							
10	Car Life Cy	Disassembl	Aluminium Recycling rate	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	
11	Car Life Cy	Disassembl	Plastic Recycling rate	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
12	Car Life Cy	Disassembl	Steel Recycling rate	15	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	
13	Car Life Cy	Driving	Vida útil	150000	90000	80000	70000	60000	50000	40000	
14	Car Life Cy	Driving	Nitrogen oxides	0.247714	0.0124301	0.0124301	0.0124301	0.0124301	0.0124301	0.0124301	0.0124301
15	Car Life Cy	Driving	Carbon monoxide emitted	2.61032	0.621504	0.621504	0.621504	0.621504	0.621504	0.621504	0.621504
16	Car Life Cy	Driving	Carbon dioxide emitted	220.175	104.16097	104.16097	104.16097	104.16097	104.16097	104.16097	104.16097
17	Car Life Cy	Driving	Gasolina	0.0661028	0.0359893	0.0359893	0.0359893	0.0359893	0.0359893	0.0359893	0.0359893

Métodos de evaluación de impacto

Methods

Archivo Edición Marcador Opciones Ayuda

Contenido Índice Buscar << >>

General Summary on Assessment Methods

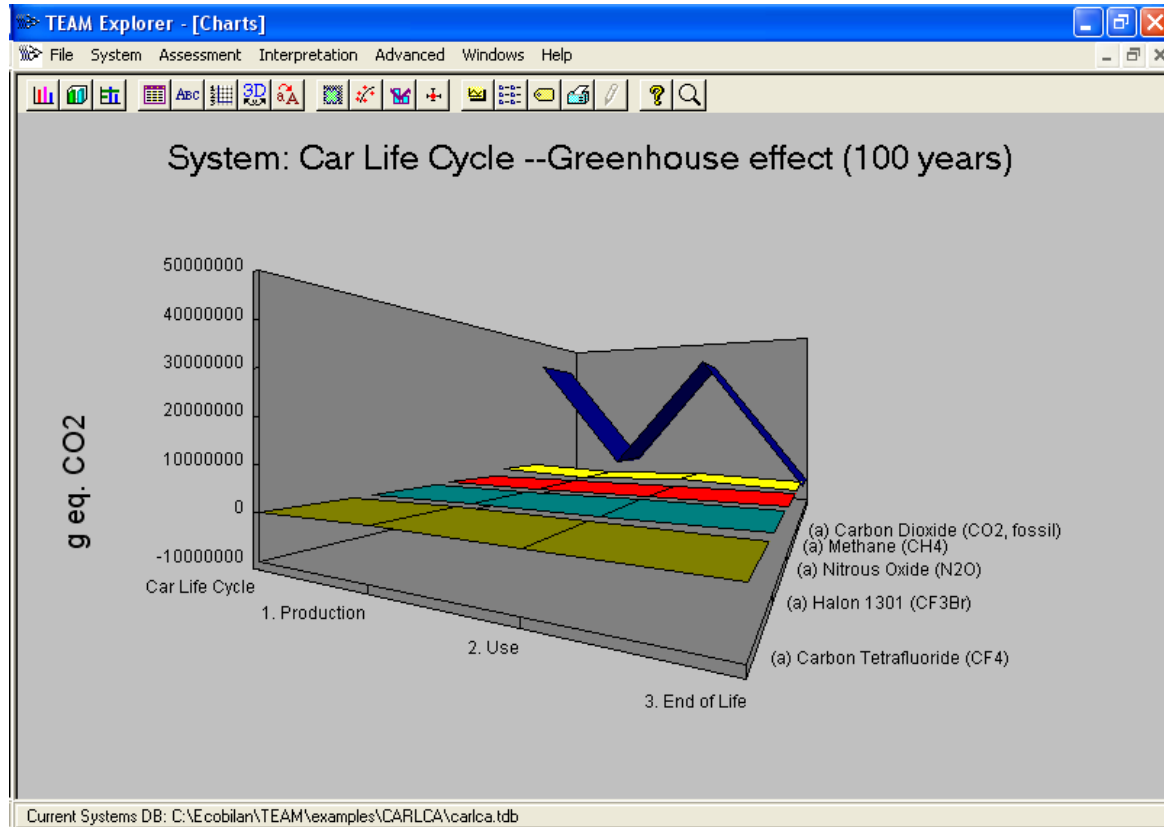
Impact Assessment Methods

- Natural Resource Depletion
- Greenhouse Effect
- Stratospheric Ozone Depletion
- Tropospheric Ozone Creation
- Atmospheric Acidification
- Eutrophication
- Human toxicity & Ecotoxicity
- Odour

Valuation Methods

- Environmental Priority Strategy
- Ecopoints
- Critical Volumes
- Eco-indicator 95
- Eco-indicator 99
- CML 2000
- FRED Methodology

Gráficos



8.2.Extractos del manual del TEAM



TEAM™ Main Objects Definition

Workspace

The Workspace represents a "display" of all the objects that can be used by TEAM™.

The two main parts of the Workspace are the Systems Description and the Analysis/Interpretation. From the Workspace the users choose which part they want to work on, and they are led to the corresponding TEAM™ Editor: TEAM™ System Editor, TEAM™ Inventory Editor or TEAM™ Simulation Editor.

The Workspace can provide more or less detail, depending on the user's needs. Items can be hidden or shown just by clicking on the item's line.

In the Workspace work can be done with contextual menus (displayed by a right click). The Workspace Contextual Menus chapter provides more information.

Flows

Flows are TEAM™ objects representing substances (material or energy) entering or leaving a system. They can be included in the inventory of the system. They correspond to the physical objects that are used as inputs or produced as outputs by industrial operations. To be included in a module as input, output or reminder, flows must exist in the flow list with the following properties defined: name (e.g., CO₂), unit (e.g., grams), visible/non visible, information fields and physical properties. There is no need to enter a numerical quantity representing the amount used or produced; this belongs in the Inputs and Outputs definition.

Examples of flows are as follow:

- ▶ Raw materials: crude oil, coal, iron ore, bauxite, limestone, water, etc.
- ▶ Indicators for energy consumption
- ▶ Intermediate products: naphtha, ethylene, aluminum coil, etc.
- ▶ Air emissions: CO₂, CO, NO_x, etc.
- ▶ Water effluents: total dissolved solids, COD, nitrates, chlorides, etc.
- ▶ Wastes: toxic, inert, etc.
- ▶ Products and co-products

- ▶ Financial flows: operating cost, capital equipment cost, etc.

Flows can be modified at any time. Flows can be deleted, provided that any module does not use them as an input, output or reminder.

Main System

To be able to describe a system, it is necessary to have at least one Main System. It is possible to create as many "Main Systems" as desired in the TEAM™ System Editor.

The main systems are dedicated to the study of different products or services for a given functional unit: for instance, if the functional unit of the study is "To keep a baby clean for one day", the two main systems could be "Reusable Diaper" and "Disposal Diaper".

The main systems that exist in the Workspace are presented in the "System Description" section. Main systems are also listed in the System description of the TEAM™ System Editor.

Source Module

A Source Module usually describes one or several operations such as processes (e.g., chlorine production) or steps (e.g., transportation) as a list of inputs or outputs and possibly an energy reminder.

The module represents the smallest unit in a TEAM™ system.

A Module contains:

- ▶ Name
- ▶ List of Inputs
- ▶ List of Outputs
- ▶ List of Local Variables
- ▶ Information fields
- ▶ Allocation Formula/Allocation Value Fields

A Source module is stored in a Source Module list, therefore, to be derived in a system as a Derived Module .

It can also be included in a system as a Local Module by copying and pasting.

The TEAM™ interface for source modules is a built-in spreadsheet in which the user can specify each input/output by selecting a flow and entering either a numerical value or a formula. Variables can be created and used in the formulas to help data entry.

In some cases, a Source Module can represent a whole set of processes or steps. For instance, a source module can exist for electricity production. Electricity production involves many sub-operations (e.g., coal mining and processing, transport, combustion). The Source Module then represents the result of a calculation for the set of related processes, as opposed to the detailed description of the set of processes itself. Such Sources Modules are either taken from literature or are the result of a previous TEAM™ calculation on a detailed system.

Derived Module

A Derived Module is inserted into a System as an instance of a Source Module. Derived Modules are linked to the Source Module: If the source is changed, all corresponding derived modules are changed.

All the fields of the Derived Module are read-only copies of the Source Module except:

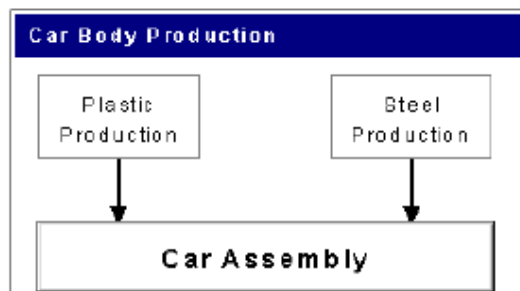
- ▶ Name
- ▶ Allocation formula field

System

The TEAM™ object corresponding to the description of real world systems. A System is composed of inter-linked steps (local modules or derived modules or a sub-system) linked through Connections.

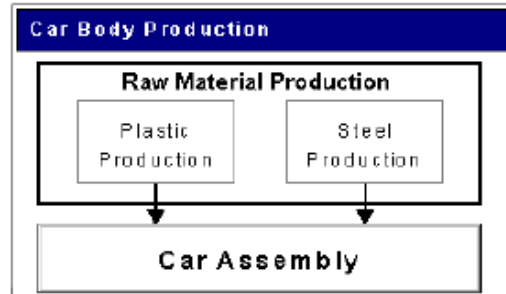
A system contained in another system is a Sub-System. A system containing another system (sub-system) is a Parent System.

Example of a consistent system



In this version of the *Car Body Production* system, the three nodes are linked through connections. The system is a consistent one.

Example of an inconsistent system



Plastic Production and *Steel Production* are not interrelated within the Raw Material Production system. The later is not a consistent system.

Local Modules

A Local Module has the same structure as a Source Module but it is not stored in a Source Module List. It exists in a given system and can not be reused in any other.

Derived Modules cannot be created from Local Modules.

A Local Module can be copied and pasted into another system but the copy is NOT linked to the original Local Module.

Input, Output

Inputs and Outputs correspond to the flow entering or exiting a module. They are defined by the association between a Flow (e.g., the good that is used or produced) and a numerical value (that is the amount).

Reminder

Reminders are used in TEAM™ to obtain the net consumption of intermediate industrial products (e.g., fuels) that do not appear as either Inputs or Outputs. They can, for instance, be used for electricity and fuel consumption. Reminders can be defined in those modules that represent inventory tables that were already calculated for an industrial system. In this instance the Reminders can only be used for Flows that do not appear as inputs to the Module (doing otherwise would result in a double count for the reminder calculated in an Inventory). TEAM™ can calculate Reminders for any System, on request, by inserting specific Reminder rows in the Inventory of that System. For more information, refer to the Reminder chapter in Advanced Skills.

Connection

A connection represents the link between two steps such as Modules (Derived or Local)/two systems/a Module and a System.

It is used to describe how flows circulate from operation to operation in a system. A connection is a link between two steps, and is created between an Input and an Output. It is based on the fact that a Module/System uses the output of another Module/System. The two connected steps must use the same flow; in other words, an Output using the flow 'crude oil' can only be connected to an Input from another step using the same 'crude oil' flow.

A connection can also be made between two Inputs or two Outputs, in the case an Avoided Impact approach is used.

A given Input/Output can be connected several times. A multiple branching is called a Flow Fan in TEAM™. The percentages for the contributions of each connection are either automatically calculated by TEAM™, or specified by the user through User Flow Fans.

Inventory

An inventory is the result of a calculation for a system and a reference flow. It corresponds to a compilation and quantification of all the inputs and outputs of a system in relation to the reference flow.

Optionally, columns can be added in the inventory to show the contribution of any step of the system in which the inventory is defined. A Reminder section can also be added to an inventory.

Although several inventories can be created in any system, defining one inventory for the Main System(s) is usually sufficient.

Inventory Snapshot

A Snapshot represents the values of an inventory at a given time, actually at the time the snapshot was created. After that, while the values of the inventory may change, the snapshot remains the same.

When snapshot is created, it contains only values without any format preference, so the user can edit it and work on it in a Workbook¹ in the TEAM™ Inventory Editor.

¹Spreadsheet used to edit a snapshot or a set of snapshots.

Flows Order

Sorting the order of flows is helpful when presented the results of a TEAM™ calculation (i.e., an inventory). Several different orders can be defined. When there is no specific flow order defined for an inventory or a module, the default will arrange the flows according to alphabetical order.

Flows Order can also be used to arrange flows in modules.

There is no limit on the number of flows order that can be created.

Units System, Order of Magnitude

A Unit system is a symbolic unit that has a particular system use and a predefined relationship to a system data set.

The order of magnitude indicates in which kind of unit the value of a flow should be displayed in given unit system. For instance, a flow that has an order of magnitude "small mass" will be displayed in terms of "g" in the "Metric (S.I)" Unit System and in terms of "lb" in the "Imperial" Unit System. Another flow with an order of magnitude "Big Mass" will be displayed as "t" in the "Metric" Unit System and as "t on (short)" in the "Imperial" Unit System.

TEAM™ proposes a predefined Unit System that is visible in the Units System Management window.

Modules Database

TEAM™ Package is provided with the 'DEAM starter Kit' which corresponds to a database of modules with the most common utilities required in most of studies.

Users can also create their own modules and gather them in a specific System DB that can be used as a Module DB in the Workspace.

Assessment Methods

Assessment methods are used to analyze an inventory according to a specific impact, for example, the greenhouse effect. According to the results, the methods estimate the acceptability of the inventory.

Assessment methods means any impact or valuation methods; that is, any method that is a sum of the flow quantities (multiplied by a weighting factor) that contributes to the given method. That is the reason why assessment methods that perform mass balances and elementary balances can also be used.

Assessment methods can be combined to determine a method subset.

All the assessment methods the user can use are provided in the Assessment Methods Database.

Assessment Methods Database

This database contains all the assessment methods the user can use to analyze a model. The TEAM™ Package includes a set of predefined assessment methods and users can also create their own methods.

Variables

Variables are used to include modifiable parameters in a system that can be studied in the framework of uncertainty analysis or scenario analysis. They can be defined in a Source Module or a Derived Module. They can be referenced when defining Input/Output or Variable values in the same Module.

A variable can be local or global.

When global, it is defined at the top level and can be used in any module of the systems where it takes the same value.

When local, it is defined at the module level (source or local). The local variables have the same values in all Derived Modules.

They are used in the formula filed and consist of:

- ▶ Name
- ▶ Short name
- ▶ Value
- ▶ Formula
- ▶ 'Used in Simulation' property, abbreviated as 'Ex' (Exportable) in the Variable window
- ▶ Local/Global property

The "Used in Simulation" property is a check-box that allows the user to authorize the use of a variable in simulations (Scenario, Min/Max, Monte-Carlo Analysis, etc). If the box is unchecked, the variable won't appear in the variable list of the Control Panel.

Control Panel

Control Panel is useful for three purposes:

- Scenario Analysis
- Sensitivity Analysis
- Uncertainty Analysis

In a system description, many parameters can be variables, because of uncertainty or for testing improvement options through new scenario. All these parameters are called variables. In one trial of a simulation, a value for each variable of the system description is set and a given inventory is calculated. Generally 1 to 10 trials are made in the case of scenario analysis, at least 100 trials in the case of uncertainty analysis. A simulation is the process that runs the calculation as many times as the number of trials. A control panel can be open to set the values of the variables, then the scenario can be run to produce as many inventory snapshots as number of trials.

Scenario Analysis

A scenario analysis is a simulation that is run to observe the influence of different alternatives on the input and output of an inventory.

The user chooses several sets of values (trials) for the variables (with property "Used in Simulations" checked) and then runs the simulations. The result of a Scenario Simulation is an inventory calculated for each trial.

Sensitivity Analysis

A sensitivity analysis is simulation that is runs to observe the influence of different alternatives on the input and output of an inventory. The user chooses several sets of values (trials) for the variables (with property "Used in Simulations" checked) and then runs the simulations. The result of a Sensitivity Analysis is as many inventories calculated as trials. In Sensitivity analysis, the choice of the parameters (value of the variables) is based on methodological alternatives: what if energy recovery is based on gas or on coal, what if the lifetime of the paint is different, etc.

Uncertainty Analysis

An Uncertainty Analysis is simulation that is run to check the influence of data uncertainty on the inventory. Two methods are proposed: testing min-max values of variables (in the case of a Min-Max analysis) or testing the statistical distribution of variables (Monte-Carlo Analysis).

Inventories Set

The inventory set is a collection of inventory snapshots used to make comparisons. The snapshots are added to an Inventories Set by dragging & dropping the snapshots from the Inventory View or the Simulation Results.

In order to be compared, the snapshots must have an identical structure. If they do not, it is necessary to create a steps & flows filter².

Shortcut

A shortcut is a direct link to any referenced document of interest in a LCA study, such as an Internet site. Just double-clicking on the shortcut opens the associated document.

²A filter that converts each inventory from its own structure into a structure that is common to all inventories.