

Energías térmicas

Nombre: Javier Antonio Sanhueza Sandoval.

Asignatura: ICM 557-1.

Dirigido a Cristóbal Galleguillos Ketterer y Tomás Herrera Muñoz.

Fecha: viernes 4 de Septiembre 2020.

Resumen:

Tras analizar datos respecto a la calidad del aire, gases de escape tanto de motores MCI convencionales como MCI híbridos y su consumo específico concluimos que los motores MCI convencionales ya no son viables respecto a los lineamientos y normativas vigentes respecto a las emisiones de gases invernadero y partículas $PM_{2.5}$, siendo imperativo la implementación de sistemas híbridos en los MCI para mitigar el daño ambiental inherente a su naturaleza térmica.

Se analiza la implementación de sistemas híbridos basados en ERNC para hogares y pequeñas comunidades aprovechando la energía térmica solar para aumentar la temperatura del agua de entrada a un calefón y así disminuir su consumo energético además de reducir los desechos de la combustión.

Contenido

Resumen:.....	1
Introducción:	3
Objetivos:	4
1. Impacto medioambiental de los motores de combustión interna y turbinas a reacción.	4
2. Motor de combustión moderno.	4
3. Desarrollo de innovación térmica y de ERNC.....	4
Metodología:	5
Presentación de conceptos:	5
1. Combustión completa.....	5
2. Combustión real.	5
3. Micropartículas en suspensión (MP o PM).	5
4. Legislación relacionada a la contaminación del aire en Chile.	8
5. Sistemas de automoción híbrida.	9
Conclusión:	11
Implementación ERNC a pequeña escala:.....	12
Referencias:	14

Introducción:

En la actualidad el consumo de combustible en los motores de combustión interna (MCI) tiene una relevante importancia debido al alto costo del combustible y el progresivo agotamiento de las reservas. Desde otro punto de vista están los aspectos relacionados con la contaminación atmosférica y el daño a la capa de ozono provocada por los desechos de la combustión.

El consumo de combustible para producir un kW/h en los MCI varia de la siguiente forma: en motores Diesel de 217 a 272 g/kW·h y en motores de gasolina de 229 a 353 g/kW·h (Gurevich, 1989).

El consumo de combustible de los MCI esta determinado por diferentes factores de los que se pueden señalar los siguientes:

- Tecnología de diseño y construcción.
- Prestaciones requeridas.
- Estado técnico de los sistemas de inyección, filtros, radiador, bombas, sistemas auxiliares y de sistemas de depuración.
- Régimen de mantenimiento.
- Relación de compresión.
- Recorrido y diámetro de cilindros.
- Disposición y numero de cilindros.

Los motores se clasifican generalmente por su potencia y régimen de trabajo en correlación con su aplicación.

Objetivos:

A continuación, se presenta una lista que aborda los temas a desarrollar.

1. Impacto medioambiental de los motores de combustión interna y turbinas a reacción.

Análisis del efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero, productos de la combustión y micropartículas en el medioambiente.

2. Motor de combustión moderno.

Viabilidad del motor de combustión interna (MCI) en el mundo moderno visto desde la perspectiva de los gases de efecto invernadero, económico, tecnológico y cultural.

3. Desarrollo de innovación térmica y de ERNC.

Propuesta de proyecto que implementa ERNC en pequeña escala para uso doméstico.

Metodología:

Presentación de conceptos:

1. Combustión completa.

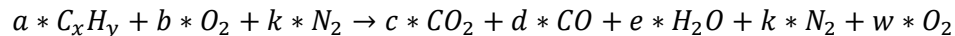
Es la combustión de un hidrocarburo de la forma C_xH_y con aire, donde los productos corresponden en su totalidad a CO_2 , H_2O , N_2 .

Se quema la totalidad del combustible sin embargo, esta relación es una idealización y en la realidad esta nunca se lleva a cabo, por eso se emplean ecuaciones que modelan de manera mas fiel el mundo real.

2. Combustión real.

Corresponde a una adaptación de la combustión completa a condiciones reales, siendo fiel al comportamiento de un MCI.

La ecuación que describe la combustión real tiene la siguiente forma:



(eq.1)

Se puede determinar la ecuación de combustión real con los siguientes datos:

- Consumo específico del motor (gr/hora).
- Relación aire combustible (RAC).
- Medición volumétrica o másica de gases de escape.

3. Micropartículas en suspensión (MP o PM).

Las propiedades aerodinámicas de las partículas determinan como se transportan en el aire y como pueden ser removidas de este, estas propiedades rigen cuan profundo pueden penetrar en los pasajes de nuestro sistema respiratorio, de manera adicional brindan información acerca de la composición química de la partícula y sus fuentes.

Las partículas en suspensión representan una compleja mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, las cuales se pueden dividir en dos grupos principales:

- Partículas gruesas.
- Partículas finas.

La barrera que separa a las finas de las gruesas ronda entre 1 y 2.5 μm sin embargo, existe la convención de diámetro aerodinámico (simplificación) $PM_{2.5}$.

El material particulado esta fuertemente vinculado con la actividad genotóxica, mutagénica y cancerígena. La Organización Mundial de la Salud recomienda no superar los 35 μm^3 sin embargo

múltiples investigaciones del aire denotan que los niveles en las principales urbes son superiores a este límite. (García & Carreras, 2008).

Según el departamento de protección ambiental de Hong Kong, el escape de los vehículos diésel es la principal fuente de MP en zonas urbanas debido a la liberación de hollín, los elementos más comunes producto de la quema de combustibles fósiles, quema de metales e incineración de residuos son Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, V, Sb.

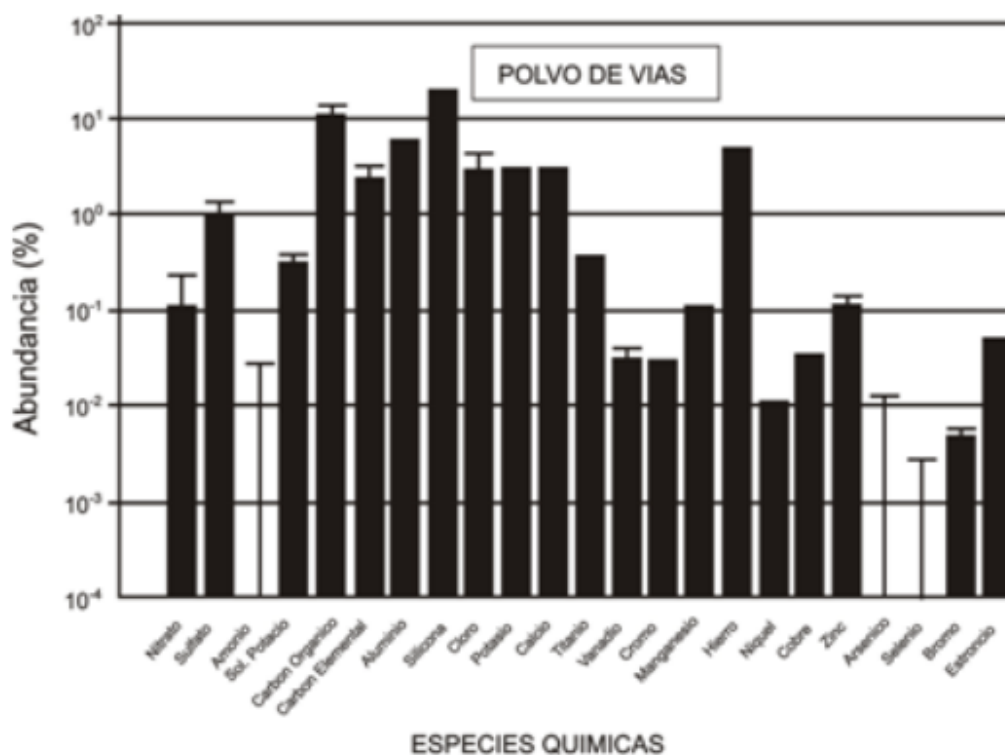


Fig.1 distribución química de MP de acuerdo con polvo de suelo. Watson & Chow (1994).

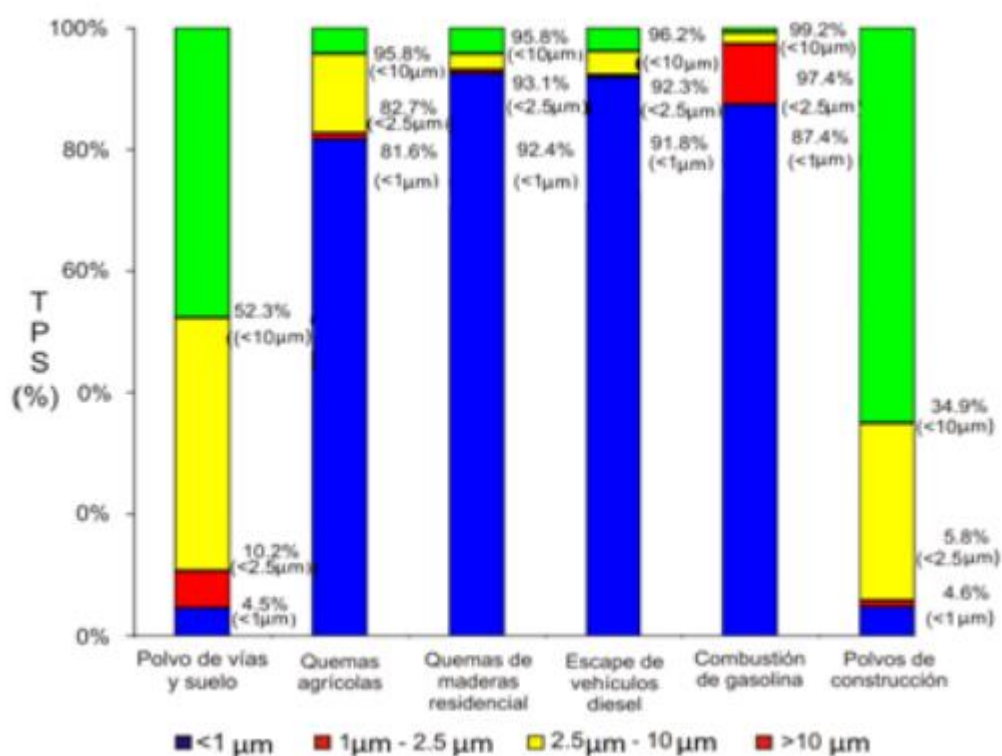


Fig.2 distribución de partículas de acuerdo a la fuente de emisión. Chow & Watson (1998).

4. Legislación relacionada a la contaminación del aire en Chile.

A través de CONAMA se realizó un análisis general del impacto socio-económico para dictar nuevas normativas ambientales según lo estipulado en la Ley N°19.300 decreto 93 del año 1995, ligado a lo anterior nace la norma para material particulado fino del 2010.

Para efectos de carácter regulatorio se clasifica el MP según su diámetro aerodinámico, según la normativa vigente las $MP_{2.5}$ con diámetros menores a $2.5 \mu m$ son de particular interés debido a que pueden penetrar en las vías respiratorias hasta llegar a los alveolos, teniendo un fuerte impacto en la salud.

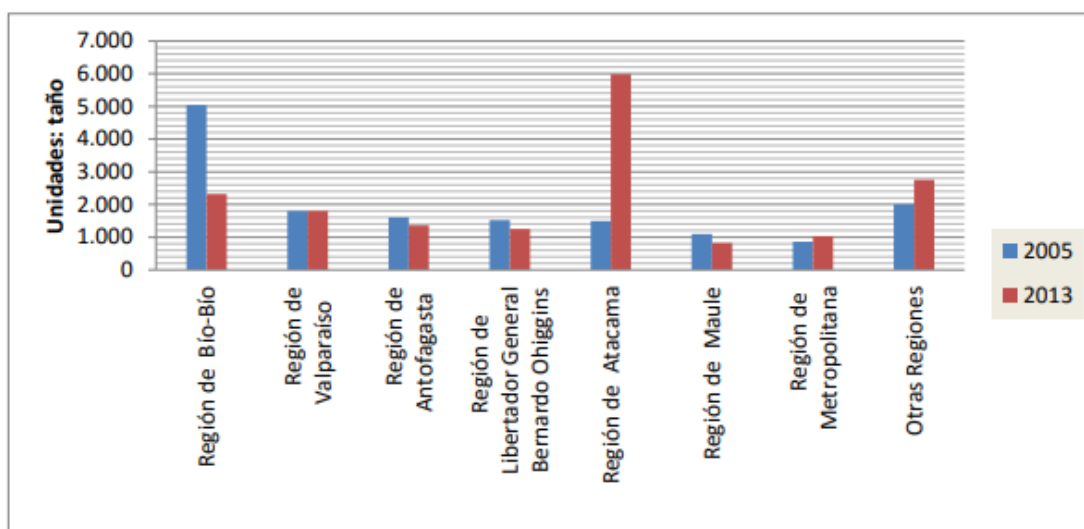


Fig.3 Contraste regiones con mayor contaminación $MP_{2.5}$. Datos Gobierno de Chile 2015.

Norma $MP_{2.5}$	Año 2012	Año 2022	Año 2032
Limite concentración en 24 horas (μ/m^3)	63	50	25
Limite concentración anual(μ/m^3)	25	20	10

Tabla.1 Límites propuestos por Normativa de Calidad Primaria para $MP_{2.5}$ en el aire. Ministerio de Medio Ambiente.

Nivel en 24 horas de $MP_{2.5}$	Año 2012	Año 2022	Año 2032
Alerta	97-131	88-124	69-112
Preemergencia	132-199	125-199	113-199
Emergencia	200 ó superior	200 ó superior	200 ó superior

Tabla.2 Límites que determinan situaciones de Emergencia Ambiental por $MP_{2.5}$ en el aire. Ministerio de Medio Ambiente.

5. Sistemas de automoción híbrida.

La automoción híbrida, que combina un MCI con un sistema de propulsión eléctrico lleva más de dos décadas en el mercado internacional y se a posicionado con fuerza de mano del Toyota Prius que debuto en 1997, el cual implemento innovadoras tecnologías que le brindan un rendimiento de combustible muy superior a otros vehículos de su segmento (similares en precio, dimensiones y potencia de su motorización).

Tomando el Prius como referente para ejemplificar la implementación de un sistema hibrido se destaca lo siguiente:

Corresponde a un vehículo familiar del segmento C enfocado al rendimiento de combustible, comodidad de sus ocupantes y fiabilidad.

- Implementa un motor térmico ciclo Atkinson con una cilindrada de 1.497 cm^3 de 4 cilindros y 16 válvulas DOHC VVT-i de 77 CV y 142 Nm SAE de par que cumple la normativa EURO-5.
- Motor eléctrico con tensión nominal de 500 V y 82 CV con 400 Nm SAE de par en régimen de bajas RPM.
- Grupo de baterías de níquel e hidruro metálico que pesan 39 Kg.
- Tracción delantera conectada a una transmisión E-CVT (MCI) y una Hybrid Synergy Drive unida al propulsor eléctrico.
- Sistema de “feed back” en los frenos para la regeneración de energía cinética a eléctrica en las frenadas.

El funcionamiento del sistema hibrido del Prius es de alta complejidad y su sistema de distribución de la energía esta optimizado para entregar el máximo rendimiento de combustible sin embargo, en la actualidad los Híbridos también están presente en el segmento de deportivos y vehículos SUV outdoor.

Se utilizara al Prius de primera generación para ejemplificar las virtudes de una motorización Híbrida respecto a una de MCI convencional, se realizara una comparación con un vehículo Toyota Corolla generación 1997, debido a la similitud de ambos coches y que compiten en un mismo mercado.

especificación técnica	Toyota Corolla 1997	Toyota Prius 1997
motorización	Otto convencional 4AFE 1.6L	Atkinson 1.5L VVT-i
Potencia	110 CV	99 CV
Coeficiente aerodinámico	0.35	0.25
0-100 km/h	10.6 s	10.4 s
Consumo combustible régimen mixto homologado	17.5 km/L	25.6 km/L
Emisiones de CO_2 régimen mixto homologado	137 g/km	86 g/Km
Normativa de emisiones	EURO III	EURO V
Precio internacional	17.000 USD	21.000 USD
Mercado objetivo	Sedan mediano	Sedan mediano

Tabla.3 Comparativa Corolla vs Prius. Confección propia.

Conclusión:

Tras analizar diversas fuentes y gráficos es lógico concluir que la combustión en general es dañina tanto para el medio ambiente, nuestra propia salud como seres humanos y la capa de ozono. Los MCI generan altos niveles de material particulado y los que funcionan a base de diésel generan gases de escape más nocivos.

Es imperativo mover los sistemas de transporte hacia tecnologías mas limpias con el objetivo de reducir tanto los $MP_{2.5}$ como los gases de efecto invernadero, con esta premisa en mente es claro que motor de combustión interna tiene los días contados, de hecho muchos fabricantes se han propuesto la meta de eliminar la motorización que utiliza combustibles fósiles para 2030-2050 y ponen todo su ahínco en el desarrollo de motores mas eficientes y con menos emisiones, en este campo los motores híbridos son el paso natural a seguir en el camino de la electrificación total de la movilidad doméstica.

Es claro que la movilidad Híbrida y/o eléctrica es de momento mas costosa que la MCI convencional sin embargo tiene una mantención mas económica, un consumo de combustible sustancialmente inferior (Prius tiene un rendimiento 46.3% superior al Corolla convencional del mismo año) y unas emisiones que son mas amigables con el medio ambiente.

Con esto en cuenta se compara la viabilidad de asumir la inversión de adquirir un vehículo ligero por sobre otro a largo plazo sin considerar el interés de la inversión, depreciación o fluctuaciones del precio del combustible solo con un objetivo ilustrativo.

Si consideramos que la diferencia entre ambos modelos como puramente económica, el Prius es 4000 USD mas caro que el Corolla y ambos coches comparten prestaciones similares. Homologando el precio del combustible a 1 USD por Litro y sin considerar el interés en nuestros cálculos.

$$17.5 \left(\frac{km}{L} \right) * X(L) * \left(\frac{1 USD}{L} \right) = 25.6 \left(\frac{km}{L} \right) * X(L) * \left(\frac{1 USD}{L} \right) - 4000 (USD)$$
$$X = 2593 L$$

Por tanto deducimos que tras gastar 2593 Litros de combustible en ambos vehículos, en el de MCI convencional se habrán recorrido 45377.5 km mientras que la motorización Híbrida ya recorrió 66380 km, por tanto la diferencia de 4000 USD entre ambos fue ahorrada en combustible por el Híbrido y desde este punto imaginario en adelante el Prius es una opción mas rentable que el Corolla debido al ahorro de combustible sostenido en el tiempo. Este calculo es optimista y no considera perdida de rendimiento en los motores y baterías, solo tiene como objetivo ser ilustrativo sin embargo no pierde significado, en especial considerando que estos vehículos pueden superar fácilmente los 300.000 km recorridos en su vida útil con una mantención adecuada.

En resumen, los motores híbridos son superiores a los MCI convencionales y serán el camino intermedio a la electrificación total del transporte de personas.

Implementación ERNC a pequeña escala:

Considerando lo anteriormente mencionado respecto a los $MP_{2.5}$ y en busca de reducir los gases de efecto invernadero se hace evidente la necesidad de minimizar las instancias de combustión y la búsqueda de nuevas fuentes de energía más limpias.

La gran mayoría de las familias chilenas poseen uno o más calefón en sus hogares, maquinas térmicas que funcionan con gas natural para calentar el agua desde la temperatura ambiente hasta la deseada para sus diversos usos. Pensando en el ejemplo de los vehículos híbridos que emplean dos sistemas para aumentar la eficiencia de la maquina es natural pensar en una alternativa similar para los calefones, un sistema híbrido que sustituya el calefón tradicional con un sistema que implemente paneles solares térmicos para calentar el agua.

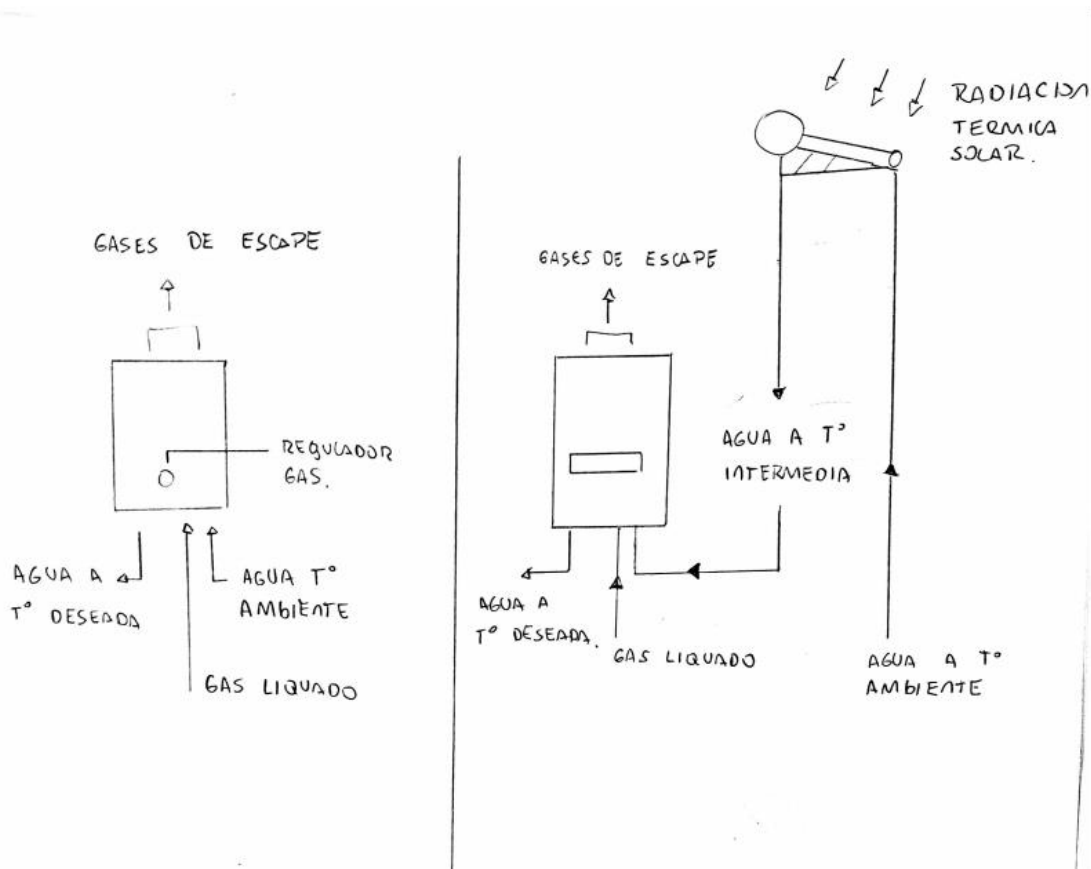


Diagrama.1 Izquierda sistema calefón convencional y a la derecha esquema de sistema calefón Híbrido. Confección propia.

Implementando este sistema híbrido se ahorra energía térmica disminuyendo el gradiente térmico del agua que entra y sale del calefón, con esto obtenemos ventajas respecto a un sistema convencional.

- ➔ Disminuye el consumo de combustible: requiere menos combustible para calentar el agua a la misma temperatura deseada.
- ➔ Requiere un calefón de menor tamaño para calentar el mismo caudal de agua que un sistema convencional.
- ➔ Permite implementar sistema de control automático para regular intensidad de llama en calefón dependiendo de la temperatura de entrada al calefón incrementando el confort.

También es necesario nombrar posibles desventajas o condiciones del diseño:

- ➔ Requiere un sistema de calefacción solar auxiliar y tuberías adicionales además de una instalación mas sofisticada en un lugar estratégico, lo que encarece el sistema.
- ➔ No permite regular la temperatura del agua en el depósito, esta dependerá de las condiciones meteorológicas locales.
- ➔ Requiere espacio adicional para almacenar el agua calentada por el sol.
- ➔ Para almacenar la energía solar durante las noches el deposito de agua requiere una buena aislación térmica.

La implementación de este tipo de sistemas va a significar un ahorro significativo a lo largo de los años en combustible además de disminuir la emisión de partículas dañinas al aire.

Referencias:

1. GUREVICH, A.M.; E. SOROKIN: Tractores y automóviles, pp. 31-48, Tomo 1 y 2, Ed. MIR, Moscú, URSS, 1978.
2. García, M., y Carreras, H. (2008). Análisis de la genotoxicidad de material particulado recolectado en dos ciudades de la Provincia de Córdoba, Argentina, mediante el ensayo de micronucleus. *Theoria*, 17(1), 33-40.
3. Chow, J., y Watson, J. (1994-1998). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards (MD-14). Guideline on Speciated Particulate Monitoring.
4. Ministerio de Medio Ambiente. WWW.MMA.GOB.CL
5. Toyota Motor Company 2050 Free emissions . www.Toyota.com/hybrids