

HUELLA DE CARBONO

1. Contexto

Tanto a nivel global como nacional, la base energética de la sociedad es provista por sistemas de combustión, principalmente a través de fuentes fósiles. Alrededor del 80% de la energía primaria mundial proviene de la combustión del petróleo (33%), carbón (26%) y gas natural (21%). Los serios efectos negativos de las emisiones de CO₂ sobre el balance térmico del planeta han motivado múltiples iniciativas internacionales para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI)¹.

Los crecientes esfuerzos internacionales para mitigar el calentamiento global y el cambio climático, han ido generando iniciativas destinadas a controlar el consumo de combustibles fósiles y motivar inversiones para reducir las emisiones de GEI. Los mecanismos establecidos en el Protocolo de Kioto en 1997, por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, constituyen un paso importante en esa dirección. Las principales naciones se han comprometido en mantener inventarios actualizados de emisiones de GEI y motivar estrategias de reducción de dichas emisiones. Por su parte, el artículo 12 del Protocolo de Kioto establece que los países desarrollados pueden cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones de GEI y que los países en desarrollo se beneficien comercializando sus reducciones de emisiones². Las empresas pueden certificar sus reducciones de emisiones de GEI y rentabilizarlas en el mercado de bonos de carbono. Los proyectos que pueden ser considerados en los Mecanismos de Desarrollo Limpio del Acuerdo de Kioto incluyen un amplio rango de opciones para reducir emisiones (ej. eficiencia energética, energías renovables, etc) y de captura de carbono (ej. forestación), ofreciendo una atractiva oportunidad de negocios para las empresas de los países elegibles.

A partir de fines de la década pasada, las principales empresas del mundo comenzaron a elaborar sus huellas de carbono, motivadas por la necesidad de dar a conocer al público, en particular a sus clientes, el potencial impacto de sus operaciones sobre las emisiones de GEI, dada la creciente atención sobre el fenómeno del cambio climático. Además, los países han debido declarar sus emisiones de GEI, como resultado de los acuerdos internacionales para controlar dichas emisiones. Por otra parte, los mercados de consumo han incorporado con mayor fuerza criterios ambientales, generando sistemas de etiquetado ecológico u otros mecanismos para declarar explícitamente el efecto de los productos sobre el medio ambiente.

Desde hace dos décadas, se han desarrollado estándares y metodologías para determinar las cargas ambientales asociadas a bienes y servicios a través de su ciclo de vida, incluyendo el consumo energético, consumo de agua y emisiones de GEI. Los etiquetados ecológicos son hoy día un atributo importante que los productos poseen frente a un consumidor que demanda información completa y confiable respecto al desempeño ambiental en sus diferentes dimensiones

Un poco de Historia...

En la década de los ochenta, comenzó a acumularse evidencia científica acerca de un posible cambio climático permanente e irreversible a escala mundial, producto del aumento de los

¹ Los GEI son aquellos gases presentes en la atmósfera que absorben radiación infrarroja y contribuyen a retener parte de la radiación de onda larga emitida por la Tierra. Los principales GEI son el vapor de agua, el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso; también se incluye la amplia familia de gases hidrofluorocarbonos (HFCs) y perfluorocarbonos (PFCs). Sin embargo, en el cálculo de las huellas de carbono no se incluyen las emisiones de vapor de agua.

² Las empresas pueden certificar sus reducciones de emisiones de GEI y rentabilizarlas en el mercado de bonos de carbono. Los proyectos que pueden ser considerados en los Mecanismos de Desarrollo Limpio del Acuerdo de Kioto incluyen un amplio rango de opciones para reducir emisiones (ej. eficiencia energética, energías renovables, etc) y de captura de carbono (ej. forestación), ofreciendo una atractiva oportunidad para las empresas de los países elegibles.

llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), como son el CO₂, metano, óxido dinitroso y otros gases, provenientes principalmente de las actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles, la agricultura y el cambio de uso de la tierra. En 1988, se crea el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC sigla en inglés), constituido por expertos científicos de todo el mundo y dirigido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Más tarde, la firma del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) por parte de 154 gobiernos en 1992, representó el inicio de un largo proceso de globalización de los esfuerzos por enfrentar las causas antrópicas asociadas al cambio climático y al calentamiento global. La Convención entró en vigor a nivel mundial el 24 de marzo de 1994 y es Ley de la República de Chile, desde el 13 de abril de 1995. Dicha convención sostiene que el problema de cambio climático constituye una preocupación común de la Humanidad y que por ello, es necesario elaborar una estrategia mundial destinada a proteger el sistema climático para las generaciones presentes y futuras sobre bases de equidad, debiéndose tener en cuenta las necesidades específicas de los países en desarrollo, en especial la de los países más vulnerables. La Convención creó la "Conferencia de las Partes" (COP) como órgano supremo en la toma de decisiones necesarias para promover e implementar las políticas destinadas a estabilizar las emisiones de GEI. El Protocolo de Kioto surge de la COP-3 de 1997 realizada en esa ciudad japonesa. La COP3 se desarrolló en Kioto, Japón en 1997. En esta reunión participaron alrededor de 10.000 delegados, observadores y periodistas. Este protocolo es un acuerdo legalmente vinculante bajo el cual los países industrializados deben reducir sus emisiones colectivas de seis GEI en un 5,2% para el periodo 2008 – 2012, calculado como promedio en este periodo de 5 años. Para ayudar a las partes a reducir las emisiones en forma costo-efectiva, el protocolo incluye tres "mecanismos": el Mecanismo de Desarrollo Limpio, un Régimen de Comercialización de Emisiones, y la Implementación Conjunta. El protocolo estimula a los gobiernos a cooperar entre sí, mejorar la eficiencia energética, promover formas de energía renovable, etc. La COP-15 realizada en Copenhague en 2009, fijó en 2°C el objetivo de incremento de temperatura para fines del siglo XXI. Para ello, propone reducir las emisiones por deforestación y degradación de bosques, e incrementar los fondos para el financiamiento de proyectos, programas y otras acciones de mitigación y adaptación para países en vías de desarrollo (US\$ 30.000 millones para 2010-2012, hasta US\$ 100.000 millones /año para 2020), entre otros importantes acuerdos. En 2015, se evaluará la posibilidad de medidas más estrictas para limitar el aumento de temperatura a 1,5°C.

2. Concepto de Huella de Carbono

La Huella de Carbono es un término utilizado para describir la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidas por efecto directo o indirecto de una actividad. El término es aplicable tanto a un individuo, como a una nación, organización, evento o producto.

Las emisiones de CO₂ generadas por la combustión de biomasa no se consideran como parte de la huella de carbono y se informan en forma separada como CO₂ biogénico.

La huella de carbono de productos, organizaciones, individuos o países es un tema que se ha difundido ampliamente en los últimos años, tal como lo demuestran las 3.300.00 referencias que se obtienen como respuesta a una rápida búsqueda en *google*. Sin embargo, a pesar de ello, los protocolos y estándares válidos y creíbles para calcular dichas huellas de carbono son muy pocos. En *internet* abundan calculadores de huellas de carbono personales en línea que pueden ser utilizados directamente; sin embargo, en la mayoría de los casos no se entrega mayor información respecto a las fuentes de datos que allí se emplean. Por otra parte, diferentes empresas consultoras e instituciones ambientales publicitan servicios para el cálculo de huellas de carbono a nivel corporativo, con vistas a ofrecer apoyo en los procesos de certificaciones y venta de bonos de carbono, en el contexto de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, asociados al acuerdo de Kioto.

En el contexto de la actividad productiva, existen dos ámbitos de interés, a saber, la huella de carbono de un productos y la huella de carbono corporativa. El término "Huella de Carbono de un Producto" se refiere a las emisiones de GEI a través del ciclo de vida de dicho producto, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final del producto, pasando por

la producción, distribución, consumo y reciclaje. Se refiere tanto a productos físicos (ie. bienes), como a productos no materiales (ie. servicios), y se expresa como masa de GEI (como CO₂ equivalente) por cada unidad de producto o respecto a una función específica de éste³.

Por su parte, el concepto de Huella de Carbono Corporativa, conocida también como Inventario de Emisiones Corporativa, representa una medida de las emisiones de GEI generadas por las actividades de la empresa en un período de tiempo dado. Generalmente, se expresa en términos de la masa de GEI (como CO₂ equivalente) emitida anualmente. Se distinguen aquí las emisiones que provienen directamente de las operaciones que son propiedad y están bajo el control de la empresa, de aquellas que son generadas de manera indirecta al adquirir bienes y servicios externos (ej. electricidad, materias primas, insumos químicos, transporte en vehículos de terces, etc).

Otro uso bastante común de este concepto, es su aplicación al nivel de cada nación, debido al requerimiento obligatorio de establecer Inventario de Emisiones de GEI nacionales, como parte de los compromisos establecidos en el Convenio Marco de UN para el Cambio Climático.

3. Cálculo de la Huella de Carbono

Para calcular la huella de carbono se requiere definir, primeramente, los límites del sistema dentro del cual se va a calcular el inventario de GEI, identificar las acciones/procesos que generan emisiones y estimar las tasas de generación.

La guía PAS 2050 es una norma británica especialmente diseñada para estandarizar el cálculo de emisiones de GEI a nivel de productos, considerando su ciclo de vida. La elaboración de esta norma fue llevada a cabo por la Institución Británica de Estándares (BSI), con el apoyo del Carbon Trust y del Departamento del Medioambiente, Alimentos y Asuntos Rurales del Gobierno del Reino Unido (DEFA), además del aporte técnico de instituciones del mundo académico, empresarial y ONGs. Esta guía constituye una excelente referencia técnica para quienes requieran calcular las emisiones de GEI asociadas a productos y procesos (es de libre acceso y se puede obtener directamente desde el sitio web de BSI (<http://www.bsigroup.es/>)).

En la actividad industrial, las principales emisiones de GEI ocurren debido a la combustión de combustibles, mientras que en la actividad agropecuaria estas emisiones están principalmente asociadas a la biogeneración de N₂O y de CH₄ y a cambios de uso de suelo. Una fuente importante de emisiones de GEI se debe a la generación de electricidad por vía termoeléctrica y a los motores de combustión (estacionarios y móviles).

En general, los equipos/procesos involucrados en el consumo de electricidad y combustibles en la actividad productiva incluyen a vehículos de transporte de personas y carga, motores de combustión interna estacionarios, calefactores, incineradores, hornos, secadores, hervidores, evaporadores, sistemas de cocción, calderas en sistemas termoeléctricos o para generar vapor de proceso, sistemas de iluminación, motores eléctricos, sistemas de ventilación, aire acondicionado, refrigeradores, lavadores eléctricos, centrifugas, secadores, hornos, hervidores u otros equipos termoeléctricos, compresores y bombas, sistemas informáticos, comunicaciones y de oficina (ej. PC, TV, printer), sistemas de medición y control de procesos, entre otros.

Una vez realizado el inventario de equipos y procesos responsables del mayor consumo de combustibles y electricidad, se debe cuantificar las emisiones asociadas. Para ello, se requieren datos acerca de la cantidad de combustible y electricidad consumida durante el

³ La base de referencia utilizada en el cálculo de las emisiones de GEI se denomina Unidad Funcional. La Unidad Funcional debe ser seleccionada tomando en consideración la función que cumple el producto. Por ejemplo, en el caso de productos semielaborados, la huella se expresa generalmente como toneladas de CO₂ por cada tonelada de producto. Para productos de consumo directo, la huella de carbono se declara para cada unidad de producto (ej. g CO₂ por cada pizza de 300 g). Para vehículos, se puede utilizar ton CO₂ por cada 100.000 km. Para servicios, las emisiones se calculan en base a una función definida (por ejemplo, kg CO₂ por cada día de hotel en habitación doble). Para una mayor precisión de este aspecto se recomienda consultar la Norma ISO 14040 e ISO 14067.

período para el cual se está realizando el inventario de emisiones. Esta información se puede obtener de los registros contables de la empresa, o estimar directamente a partir de los consumos de cada equipo o proceso.

Emisiones de GEI debido a procesos de combustión

El cálculo de las emisiones de GEI asociadas a un proceso de combustión, se puede realizar a partir de la cantidad de combustible que se ha utilizado, sabiendo que por cada kg de carbono presente en el combustible se generan 3,67 kg CO₂ tal como se puede deducir a partir de la estequiometría de la reacción de combustión:



Salvo el grafito, todos los demás compuestos orgánicos contienen otros elementos además de carbono (ej. H, O, S, N, metales, sales, agua, etc). Por lo tanto, si se conoce la masa de combustible utilizado, será necesario conocer su contenido de carbono para calcular la emisión de CO₂ correspondiente.

$$\begin{aligned} \text{C en combustible} &= \text{masa combustible} \times \text{fracción másica de C} \\ \text{CO}_2 \text{ emitido} &= \text{C en combustible} \times 44 / 12 \end{aligned}$$

Donde 44 y 12 corresponden a la masa molar del CO₂ y a la masa atómica del C, respectivamente.

La Tabla 2 siguiente muestra valores típicos de contenidos másicos de carbono, poder calorífico y emisión de CO₂ por unidad de masa de combustible para algunos combustibles de uso común.

Tabla 2: Valores típicos de contenido másico de carbono (másico), poder calorífico inferior (PCI) y emisión de CO₂ específica, para combustibles de uso frecuente

	% C	PCI (MJ/kg)	Kg CO ₂ / kg combustible
Gas Natural	75	48	2,75
Gas Licuado	82	47	3,01
Gasolina	85	45	3,12
Diesel	85	42	3,12
Fuel Oil	85	40	3,12
Carbón mineral	68 - 75	26 - 32	2,49 - 2,75
Madera seca	50	17	1,83

Fuente: Elaboración propia de los autores a partir de diferentes referencias.

En general, tanto la fracción másica de carbono como el poder calorífico de los combustibles presenta variaciones de acuerdo a sus características físico-químicas específicas.

A veces no se cuenta con información acerca del consumo de combustibles, pero se conoce el requerimiento de energía para llevar a cabo el proceso; por ejemplo, los GJ de energía calórica requeridos para operar una caldera diariamente. La mayor parte de los factores de emisión que existen en literatura se expresan en términos de masa de GEI emitidos por cada unidad de energía consumida, por ejemplo, ton CO₂ / GJ de energía calórica consumida, tal como se ilustra en la Tabla 3 para algunos combustibles de uso frecuente.

Tabla 3: Factores de emisión genéricos por tipo de combustible en base a unidad de energía consumida (en TJ)

Combustible	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	kg CO ₂ / TJ	kg CH ₄ / TJ	kg N ₂ O / TJ
Carbón	94.600	1	1,5
Diesel	74.100	3	0,6
Gasolina	69.000	5	2
Fuel Oil	77.400	3	0,6
Gas Natural	56.100	1	0,1
Gas Licuado	63.000	nd	nd

Fuente: IPCC, 2006. "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero", volumen 2. Capítulo 2 Combustión estacionaria, Tabla 2.2C

En estos casos, las emisiones de GEI se calculan de acuerdo a:

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = \text{Energía requerida (MJ)} \times \text{F.E. (kg CO}_2\text{/MJ)}$$

Donde F.E. es el factor de emisión:

$$\text{F.E. (kg CO}_2\text{/MJ)} = \frac{\text{kg CO}_2 \text{ /kg combustible}}{\text{Poder Calórico (MJ/kg)}}$$

Emissiones de GEI debido al transporte de carga y personas

Cuando se desea calcular las emisiones de GEI asociadas al transporte de carga o de personas, se debe conocer la cantidad de combustibles consumidos durante el período considerado en el estudio, para estimar a partir de ahí las emisiones utilizando el procedimiento mencionado en párrafos anteriores. Si ese dato no está disponible, se pueden utilizar factores de emisión genéricos aplicables al tipo de transporte en cuestión. La Tabla 4 siguiente muestra algunos factores de emisión típicos utilizados en cálculos preliminares.

Como se puede observar, el transporte de carga utiliza factores de emisión en términos de masa de GEI emitida por tonelada transportada por kilómetro recorrido. Por lo tanto, para estimar las emisiones se debe conocer el tonelaje transportado y los kilómetros recorridos:

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = \text{Distancia (km)} \times \text{Tonelaje (ton)} \times \text{F.E. (kg CO}_2\text{/ton km)}$$

En el caso del transporte de personas, los factores de emisión se expresan por km recorrido por cada medio de transporte, por lo que sólo se requiere conocer la distancia recorrida por los vehículos involucrados. Algunos factores de emisión expresan las emisiones por cada km por persona, tal como se observa en la Tabla 4 para el caso del transporte aéreo y de trenes para pasajeros.

Tabla 4: Factores de Emisión Genéricos para Transporte de Carga y de Personas

	Factores de emisión
Transporte de carga	
Carga aéreo	1,10 kg CO ₂ / ton-km
Tren Diesel	0,05 kg CO ₂ / ton-km
Camión Diesel (20 ton, 3 km/L)	0,040 kg CO ₂ / ton-km
Barco Fuel Oil Bunker	0,06 kg CO ₂ / ton-km
Transporte de pasajeros	
Aéreo larga distancia	0,11 kg CO ₂ / km × persona
Aéreo corta distancia	0,18 kg CO ₂ / km × persona
Tren Diesel	0,06 kg CO ₂ / km × persona
Bus Diesel	1,04 kg CO ₂ / km
Auto gasolina	0,20 kg CO ₂ / km
Auto diesel	0,14 kg CO ₂ / km

Fuente: GHC Protocol, Mobile Guide (03/21/05) v1.3

Emisiones de GEI asociadas al consumo de electricidad

El consumo de energía eléctrica puede estar asociado a emisiones de GEI si dicha electricidad ha sido generada mediante sistemas termoeléctricos a carbón, gas natural, diesel, fuel oil, biomasa u otro combustible. Cuando la generación de electricidad es parte de los procesos propios de la empresa, seguramente las emisiones de GEI asociadas serán calculadas a partir del consumo de combustible o del requerimiento calórico de las calderas, utilizando los procedimientos descritos en párrafos anteriores. Sin embargo, cuando la energía eléctrica es adquirida, se requerirá conocer los GEI que se han emitido indirectamente al generar esa electricidad por parte del proveedor. Las emisiones de GEI asociadas al consumo eléctrico está dada por:

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = \text{Electricidad Consumida (MWh)} \times \text{F.E. (kg CO}_2\text{/MWh)}$$

Es necesario, entonces, conocer el factor de emisión correspondiente a la generación eléctrica. En el caso de los sistemas interconectados, dicho factor depende de la composición de la matriz, ya que cada tipo de tecnología y de combustibles presenta diferentes tasas de emisión de GEI. En nuestro país más del 99% de la energía eléctrica se genera en dos sistemas interconectados, a saber, el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) que posee el 28,1% de la capacidad instalada nacional, y el Sistema Interconectado central (SIC) que representa el 71,0% del total. El SING cubre desde Arica a Taltal, mientras que el SIC provee electricidad desde Taltal a Chiloé. La casi totalidad de la electricidad del SING es generada via termoelectricidad, mientras que le SIC posee casi el 60% de su capacidad instalada en base a hidroelectricidad. La contribución de cada tipo de generación y de fuente primaria utilizada varía año a año, dependiendo de las condiciones de suministro de combustibles y, en el caso del SIC, de las condiciones climáticas que pueden afectar el sistema hidroeléctrico. De acuerdo a un estudio realizado recientemente por los autores, las emisiones específicas de GEI para el sistema de generación eléctrica, en base a la situación de 2008, se resume en la Tabla 5:

Tabla 5. Huella de Carbono de la Electricidad en Chile. Año 2008.
Considera la electricidad en alto voltaje a la entrada del consumidor

Sistema de generación	kg CO ₂ / MWh
SING	1084
SIC	461

Fuente: Vega y Zaror (2010) "Informe de Avance. Proyecto Fondef FONDEF D06I1060"

Estos valores incluyen las emisiones de GEI del ciclo de vida completo, incluyendo las operaciones de generación eléctrica (91-92%), transporte y elaboración de los combustibles (3-5%), pérdidas en transmisión (3-4%) y emisiones asociadas a la construcción de las plantas (<1%). La evolución de la huella de carbono de la electricidad en Chile ha estado fuertemente afectada por estructura de la matriz de generación. En el SING, la creciente importancia que adquirió el gas natural entre 200 y 2006 resultó en una significativa disminución de la huella de carbono asociada (ver Figura 1).

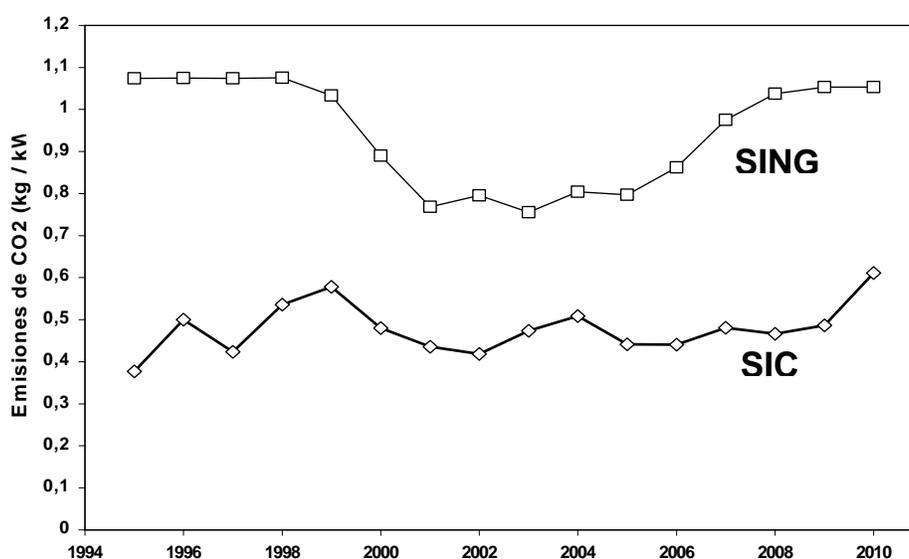


Figura 1: Evolución de la Huella de Carbono de la Electricidad en Chile, período 1995-2010

Fuente: Vega y Zaror (2010) Informe de Avance. Proyecto Fondef FONDEF D06I1060

A partir de 2006, el suministro de gas natural desde Argentina disminuyó drásticamente, resultando en un aumento importante del consumo de diesel, lo que obligó al país a importar más de 5 millones de toneladas/año desde ese entonces. El SIC no presentó la misma sensibilidad a la restricción del suministro de gas natural, debido a la importancia que allí tiene la generación hidroeléctrica. En el SIC, las variaciones en emisiones de GEI están, en parte, determinadas por el ciclo hidrológico, aunque el incremento de emisiones del último año es el resultado del aumento de la generación termoeléctrica a carbón y diesel.

Emisiones de GEI totales

Las emisiones totales de GEI corresponden a la sumatoria de las emisiones generadas en los sistemas de combustión, transporte y generación eléctrica asociadas al proceso estudiado. Se debe calcular, primeramente, la suma de cada GEI (ej. CO₂, CH₄, N₂O). Dado que cada gas tiene un potencial de efecto invernadero diferente, la huella de carbono se expresa en términos de la cantidad de CO₂ equivalente. El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático ha definido un indicador, denominado Potencial de Calentamiento Global (GWP), para reflejar el

efecto relativo sobre el cambio climático de un gas invernadero, en un horizonte de tiempo dado. La Tabla 6 muestra los GWP correspondientes a un horizonte de 100 años, para los principales GEI, considerando el CO₂ con un GWP₁₀₀ igual a 1 (IPCC, 2007).

Tabla 6. Potencial de Calentamiento Global

GEI	Potencial de Calentamiento Global
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
HFC s	124 – 14.800
PFCs	7.390-12.200
SF ₆	22.800

Así, el efecto invernadero de los diferentes gases se puede sumar resultando en un solo indicador. Estos potenciales de calentamiento global están expresados en relación con el potencial del dióxido de carbono, por lo que las emisiones totales de CO₂ equivalente se calculan de acuerdo a la siguiente expresión:

$$m_{CO_2 \text{ equivalente}} = m_{CO_2} \times 1 + m_{CH_4} \times 25 + m_{N_2O} \times 298 + m_G \times FE_G + \dots$$

Donde m_k corresponde a la masa de gas k emitida.

4. Huella de Carbono Corporativa

En el caso de la Huella de Carbono Corporativa, se requiere conocer la cantidad de CO₂ equivalente generadas por las actividades de la empresa, durante un período de tiempo dado. Uno de los estándares más utilizados para estos efectos fue propuesto por el Greenhouse Gas (GHG) Protocol Initiative⁴. Este estándar entrega una metodología sistemática para realizar los inventarios de GEI corporativos, que comprende las siguientes etapas:

1. Definir los Objetivos y Alcances
2. Establecer los Límites Organizacionales y Operacionales
3. Definir y obtener los datos
4. Calcular las emisiones de GEI
5. Determinar las incertidumbre
6. Informar

Recientemente, la Norma ISO 14064, estructurada en 3 partes, estandarizó los procedimientos para cuantificar e informar las emisiones de GEI de las organizaciones, tomando como referencia las propuestas de GHG Protocol. Estos estándares reconocen dos tipos de límites del sistema a estudiar, a saber, los Límites Organizacionales y los Límites Operacionales del Inventario de GEI.

Los Límites Organizacionales se refieren a las actividades y unidades que son propiedad directa y están controladas por la empresa. Es necesario establecer en qué medida se establece dicha propiedad o control. Para ello se proponen dos enfoque alternativos:

-En base a la participación accionaria: Contabiliza las emisiones en proporción a la estructura accionaria.

⁴ GHG Protocol es un iniciativa liderada por la ONG norteamericana World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), una agrupación de 170 compañías internacionales con base en Ginebra. Se inicia en 1998 con el objetivo de desarrollar un estándar para contabilizar e informar los inventarios de GEI de las empresas.

-En base al control financiero sobre las operaciones: Contabiliza el 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control financiero.

Por su parte, los Limites Operacionales permiten determinar las emisiones directas e indirectas asociadas a operaciones que son propiedad o están bajo control de la empresa que desea realizar el inventario de GEI. Estos límites permiten establecer cuáles operaciones y fuentes generan emisiones directas o indirectas. A su vez, ayuda a definir cuáles fuentes indirectas de emisión que son consecuencia de sus operaciones deben ser incluidas en el inventario.

Las emisiones directas son aquellas que se generan en actividades bajo el control directo de la empresa. Por ejemplo, bajo esta categoría se incluyen las emisiones de GEI desde las calderas de la empresa, o los GEI emitidos por los vehículos propios.

Las emisiones indirectas se generan en operaciones directamente relacionadas con la cadena del valor, pero fuera del control de la empresa. Por ejemplo, las emisiones de GEI debido a la generación de electricidad adquirida por la empresa las realiza un tercero, por lo que se consideran emisiones indirectas. Igualmente, en dicha categoría están las emisiones de GEI debido al transporte de sus productos o personal, en vehículos contratados a terceros.

En los informes de Inventarios de GEI Corporativos, se distinguen 3 tipos de emisiones de GEI:

Emisiones Directas (Alcance 1)

Denominadas también Emisiones de Alcance 1 (*scope 1*), se refieren a las emisiones de GEI generadas directamente por las actividades de la empresa. Estas incluyen las emisiones que se generan en:

- Producción propia de electricidad, calor o vapor (fuentes fijas: calderas, hornos, turbinas, etc.)
- Transporte de materiales, productos, residuos y empleados en vehículos propios. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes móviles que son propiedad o están controladas por la empresa: camiones, trenes, barcos, aviones, autobuses y automóviles.
- Emisiones fugitivas. Fugas en las juntas, sellos o empaques de los equipos; emisiones de CH₄ de minas de carbón y vertederos, emisiones de HFCs durante el uso de equipo de aire acondicionado y refrigeración; fugas de metano en el transporte de gas natural, etc.
- Procesos físicos o químicos. La mayor parte de estas emisiones resultan de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales, como cemento, aluminio, amoníaco, procesamiento de residuos, etc.

Emisiones Indirectas de Alcance 2

Asociadas a la adquisición de energía eléctrica, vapor o agua caliente, a terceros.

Emisiones Indirectas de Alcance 3

Considera otras emisiones indirectas provenientes de las actividades corriente arriba o corriente abajo de una empresa, así como emisiones asociadas a la manufactura realizada por terceros a cuenta de la empresa o subcontratada, arrendamientos o franquicias no incluidas en los alcances anteriores. Puede incluir:

Extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos.

Actividades relacionadas al transporte en vehículos externos de materiales, combustibles y bienes adquiridos, transporte de personal ida y vuelta al trabajo, viajes de negocios, transporte de productos vendidos, transporte de residuos, etc.

Actividades relacionadas con la electricidad no incluidas en el alcance 2 (ej. pérdidas en transmisión y distribución)

Extracción, producción y transporte de combustibles consumidos en la generación de electricidad (ya sea adquirida o generada por la empresa que reporta), etc.

Cuando el Inventario de GEI Corporativo va a ser comunicado al público, se debe incluir obligatoriamente las emisiones de Alcance 1 y 2. Las emisiones de Alcance 3 aún son voluntarias y las empresas son libres para decidir que otras emisiones indirectas desea informar al público. Contabilizar las emisiones de alcance 3 no necesariamente involucra un análisis detallado del ciclo de vida de los GEI de todos los productos y operaciones. Usualmente, es útil enfocarse en una o dos grandes actividades generadoras de GEI que estén en la cadena de valor. En todo caso, por razones de transparencia se debe proveer una

descripción general de la cadena de valor y las fuentes de emisión de GEI asociadas. En la actualidad se están elaborando procedimientos estandarizados para abordar las emisiones de alcance 3, basados en conceptos de Evaluación de Ciclo de Vida.

5. Huella de Carbono de Productos

Actualmente, los mercados comienzan a exigir información acerca del efecto potencial que los productos tienen en relación con el cambio climático global. Ello implica estimar las emisiones de GEI por cada unidad de producto, acumuladas durante el ciclo de vida del producto en una aplicación específica.

La Huella de Carbono de los productos comienza a adquirir gran importancia a raíz de la decisión del Gobierno francés de establecer la obligatoriedad de que los productos que se comercialicen dentro de su territorio deben declarar la huella de carbono, en el contexto de la Ley Grenelle de Medioambiente.

Si bien no se ha establecido un estándar único para declarar la huella de carbono de los productos, la norma británica PAS 2050 ofrece un marco metodológico ampliamente aceptado. En la actualidad, está en proceso de elaboración la Norma ISO 14067 relacionada con la huella de carbono de productos. Dado que se requiere considerar el ciclo de vida, la norma ISO 14040 e ISO 14044 sobre evaluación de ciclo de vida, es un referente obligado. Aspectos tales como asignación de cargas para el caso de sistemas con múltiples entradas y salidas, criterios de corte y otras consideraciones metodológicas son abordadas en estas normas.

En relación con el establecimiento de ecoetiquetados para las huellas de carbono, la Norma ISO 14024:1999 establece los requisitos para declaraciones ambientales Tipo I, que corresponden a ecoetiquetas otorgadas por organizaciones y certificadas por terceras partes. Por su parte, la Norma ISO 14021 establece requisitos para autodeclaraciones (etiquetas Tipo II).

Carbon Trust (ONG británica) ha propuesto una etiqueta Tipo I que considera las emisiones de GEI totales (en equivalentes de CO₂) generadas en el ciclo de vida del producto, desde la elaboración de las materias primas hasta su disposición final. Sin embargo, esta etiqueta no incluye explícitamente los posibles secuestros de carbono y excluye las emisiones de GEI durante la fase de uso del producto. Ello puede constituir una debilidad en aquellos casos donde las emisiones de GEI durante su uso son significativas.

Un ejemplo similar es el ecoetiquetado (Tipo II) Índice Carbone Casino que estableció la empresa francesa Casino para declarar la huella de carbono de sus productos. Esta etiqueta se basa en el método Bilan Carbone desarrollado Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) de Francia en 2007, siguiendo en gran medida los procedimientos establecidos por ISO 14064 para inventarios corporativos de GEI. Existen otros ejemplos similares de etiquetas Tipo II para huella de carbono en otros países. En la actualidad, a nivel mundial se ha desarrollado una veintena de esquemas para huella de carbono de productos, tanto en etiquetas Tipo I como Tipo II, mostrando ciertas diferencias en los enfoques metodológicos⁵.

Un ejemplo muy relevante para la industria de celulosa y papel nacional, es la metodología de CEPI⁶ para establecer la huella de carbono de productos fibrosos. Esta propuesta especifica 10 ítems ("dedos") para clasificar los GEI. Dada la importancia de este enfoque para el sector de celulosa y papel nacional, estos "dedos" se describen a continuación.

⁵ Una interesante revisión de los ecoetiquetados de huella de carbono es presentada en el Informe "Counting Carbon in the Marketplace", Global Forum on Trade, OCDE, 2009

⁶ CEPI es La confederación europea de industrias papeleras (CEPI) es una organización sin fines de lucro ubicada en Bruselas que agrupa las industrias de celulosa y papel europeas. Representa más de 800 compañías productoras de pulpa, papel y tableros a través de Europa, con un total de 1080 plantas, que representan un 26% de la producción mundial.

Huella de Carbono propuesta por CEPI

Al igual que en el resto de las propuestas metodológicas, sólo se consideran las emisiones de CO₂ provenientes de fuentes fósiles. Las que se generan a partir de la combustión de biomasa se pueden informar de manera separada.

Dedo 1 – Caracterización del carbón contenido en la biomasa forestal:

Este dedo entrega información sobre la cantidad de carbono capturado en la biomasa forestal. Este valor es difícil de obtener dado que requiere conocer la cantidad de carbono que se encuentra fijado en los bosques. Normalmente, se estima el volumen de biomasa en pie y se establecen las variaciones de los inventarios a través del tiempo. Sin embargo, existe consenso acerca de la carencia de metodologías confiables para estos efectos y la falta de información que permita un nivel de precisión aceptable en el cálculo del carbono fijado. En el caso de las plantaciones forestales, caracterizadas por un sistema de rotación sustentable, los inventarios de carbono fijado se mantienen relativamente constantes en el largo plazo. En general, este dedo no se incluye cuando se trata de huellas de carbono de productos forestales, siendo utilizado principalmente en el caso de huellas de carbono corporativas donde se quiere demostrar el inventario de biomasa que se encuentra bajo el control de la empresa.

Dedo 2 – caracterización del contenido de carbono en los productos:

Los productos forestales contienen carbono, presente en las moléculas de celulosa, lignina, hemicelulosas u otros compuestos orgánicos. Este carbono está secuestrado en el producto y se mantendrá en esa condición hasta que sea liberado a la atmósfera debido a combustión o descomposición biológica.

Dedo 3 – Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante la producción de productos forestales:

Este dedo incluye las emisiones de GEI provenientes de la combustión de combustibles fósiles en las plantas industriales donde se elaboran productos forestales (ej. astillado, aserraderos, plantas de celulosa y papel, fabricación de embalajes, etc). Esto incluye el astillado de la madera, aunque esta operación se lleve a cabo fuera de la planta. Dependiendo del uso que se le quiera dar a la Huella de Carbono, es conveniente establecer claramente cuales emisiones están dentro de las operaciones que son controladas por la empresa y cuales no.

Dedo 4 – Emisiones de GEI asociadas a la producción y procesamiento de fibra (virgen y recuperada) que son utilizadas como materias primas en las plantas procesadoras:

El Dedo 4 incluye los GEI generadas durante la producción de madera y de fibra recuperada. En el caso de fibra virgen, esto incluye el establecimiento de las plantaciones, manejo forestal y cosecha. En el caso de fibra recuperada, considera el procesamiento de la fibra recuperada.

Dedo 5 – Emisiones de GEI asociadas a la producción de combustibles y otros insumos:

Aquí se consideran las emisiones de GEI generadas durante la elaboración de combustibles, aditivos y reactivos químicos, utilizados en la fabricación de productos forestales. Aquí se pueden utilizar criterios de corte para excluir aquellos insumos que no son utilizados en cantidades significativas.

Dedo 6 – Emisiones de GEI asociadas a la generación de energía eléctrica, vapor, calor, y agua caliente compradas a terceros:

Se incluyen las emisiones de GEI que se generan en la producción de electricidad y calor adquiridos por las plantas astilladoras, productoras de celulosa, papeles, cartones, embalajes, u otras. Estas emisiones corresponden a las Emisiones Indirectas de Alcance 2, de acuerdo al GHG Protocol.

Dedo 7 – Emisiones de GEI generadas durante el transporte:

Este dedo considera las emisiones de GEI asociadas al transporte en todas las fases de la cadena del valor, tales como, transporte de materias primas, insumos, productos intermedios, productos finales, residuos, etc. En relación al transporte de los productos, se deben considerar las operaciones de transporte de acuerdo a los límites del sistema establecidos en el alcance del estudio. En efecto, es muy diferente establecer dichos límites a la salida de la planta de

celulosa que a la puerta del cliente en el mercado internacional. Esta decisión dependerá del objetivo de la huella de carbono que se está calculando.

Dedo 8 – Emisiones de GEI asociadas con el uso del producto:

Aquí se contabilizan las emisiones de GEI que ocurren cuando un producto es usado. Esta es una situación poco común en el caso de los productos forestales y el Dedo 8 es cero.

Dedo 9 – Emisiones de GEI asociadas con el fin de la vida útil de los productos forestales:

El Dedo 9 incluye las emisiones de GEI que ocurren después de que el producto ha sido utilizado. Estas emisiones consisten principalmente de CH₄ resultante de la descomposición anaeróbica de los productos forestales en los rellenos sanitarios. En el caso de la combustión, sólo se consideran las pequeñas cantidades de CH₄ y N₂O que se pueden generar. El CO₂ emitido en este caso es de origen biológico por lo que no se considera en el balance.

Dedo 10 – Emisiones de GEI evitadas:

El Dedo 10 considera aquellas emisiones de GEI que no ocurren debido a algún atributo del producto o de alguna actividad de la empresa que elabora el producto. En rigor, ello depende del potencial escenario que ocurriría en ausencia del producto o actividad de la empresa. En algunos casos, la venta de electricidad generada como parte del proceso productivo, puede evitar la generación de GEI en caso de sustituir fuentes de energía eléctrica basadas en combustibles fósiles. Este dedo puede generar controversias si no existe clara evidencia de que el producto o actividad de la empresa efectivamente evita emisiones de GEI fuera del sistema en estudio.

En Chile, se han elaborado pocas huellas de carbono de productos. En el caso de la producción de celulosa, estudios académicos han permitido establecer que las emisiones fósiles directas asociadas a la producción de celulosa en Chile están en el rango 0,3-0,5 ton CO₂/ton celulosa, incluyendo las emisiones generadas en el manejo forestal, cosecha y transporte de material prima a las plantas. Aproximadamente la mitad de estas emisiones directas se generan a partir de la combustión de combustibles fósiles en el horno de cal. Por su parte, las emisiones de alcance 3 son del orden de 0,2-0,3 ton CO₂/ton celulosa, excluyendo el transporte de los productos celulósicos al mercado. Estas emisiones indirectas provienen principalmente de la producción de los combustibles y reactivos químicos requeridos en la producción de celulosa. Finalmente, se debe mencionar que las emisiones de GEI biogénico durante la producción de celulosa son del orden de 3-5 ton CO₂/ton celulosa, principalmente, provenientes de la caldera recuperadora.

Palabras finales

La reducción de GEI es una tarea fundamental en la cruzada por lograr mitigar los efectos del cambio climático global. Claramente, está estrechamente ligada a la gestión energética de los procesos productivos, ya que la mayoría de las emisiones de GEI en la industria provienen de sistemas de combustión (móviles y estacionarios) y sistemas eléctricos. Por lo tanto, las medidas tendientes a mejorar la eficiencia energética y reducir los consumos de combustibles fósiles coinciden plenamente con aquellas destinadas a reducir las emisiones de GEI. Es urgente establecer mecanismos sistemáticos de reducción de consumo energético y de emisiones de GEI en la industria nacional, para responder efectivamente a los desafíos en estas materias.

Sin lugar a dudas, la presión para reducir las emisiones de GEI y el consumo energético fósil revolucionará la base tecnológica de la sociedad, y las primeras señales de que este proceso ya está en marcha están a la vista.

Referencias Recomendadas

Sitios web:

<http://www.ipcc.ch> : Panel Intergubernamental para el Cambio Climático

<http://unfccc.int/> : Convención Marco sobre Cambio Climático de Naciones Unidas

http://ec.europa.eu/environment/index_es.htm Sitio web de la Comisión Europea de la UE sobre el medioambiente.

<http://www.ghgprotocol.org/> : Iniciativa de Protocolo de GEI. World Resources Institute. Acceso a la documentación de apoyo para realizar inventarios de GEI corporativos y otros recursos.

<http://www.bsigroup.es/> Sitio web de la Institución Británica de Estándares, desde donde se puede obtener la norma /PAS-2050 sobre elaboración de huella de carbono

<http://www.cepi.org/> : Sitio web de la Confederación de Industrias Papeleras Europea

<http://www.carbontrust.co.uk/>: Sitio web de Carbon Trust. Acceso a información y calculador.

<http://www.iso.org/> : Organización Internacional de Estándares (ISO)

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html> : Guías del IPCC para realizar inventarios nacionales de GEI (1996)

<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009> : Factores de emisión de la Agencia Ambiental Europea (2009)

<http://www.legrenelle-environnement.fr/> : Sitio oficial del Ministerio de Desarrollo Sustentable de Francia, con acceso a los diferentes ámbitos de la Ley Grenelle del Medioambiente (en francés).

Normas:

PAS 2050:08 "How to assess carbon footprint of goods and services". British Standard. BSI.

WRI-WBCSD. "A corporate accounting and reporting standard" (GHG Protocol Initiative, 2009)

ISO 14020:2000 "Environmental labels and declarations - General principles"

ISO 14021:1999 "Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)

ISO 14024:1999 "Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures"

ISO 14025:2006 "Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations -- Principles and procedures"

ISO 14040:06 "Environmental management. Life Cycle Assessment. Principles and framework".

ISO 14044:06 "Environmental management. Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines".

WRI-WBCSD "Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard" (GHG Protocol Initiative, Nov. 2009, en revisión)

WRI-WBCSD Scope 3 Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard

ISO 14064-1:2006 Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas (GHG) emissions and removals

ISO 14064-2:2006 Greenhouse gases - Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of GHG emission reductions or removal enhancements

ISO 14064-3:2006 Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of GHG assertions

ISO 14065:2007 Greenhouse gases - Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition

ISO/DIS 14066 Greenhouse gases - Competence requirements for GHG validation teams and verification teams

ISO/WD 14067-1 Carbon footprint of products - Part 1: Quantification

ISO/WD 14067-2 Carbon footprint of products - Part 2: Communication

ISO/AWI 14069 GHG - Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbon footprint of organization) - Guidance for the application of ISO 14064-1

IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Intergovernmental Panel on Climate Change.