



FORMACIÓN PROFESIONAL EN

Huella de carbono

Para organizaciones públicas y privadas

Tema: Huellas ambientales. ACV. Base de cálculo.

Docente: Dr. Ing. Juan Pablo Ojeda
Autora: Dra. Ing. Clarisa Alejandrino



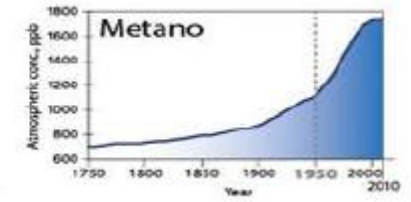
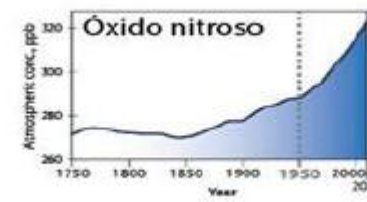
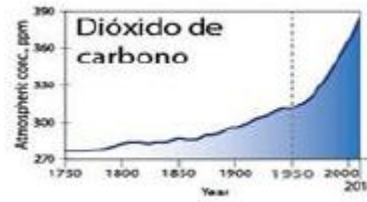
Temario de hoy

- Repaso
- ACV – huellas ambientales
- Huella de Carbono: introducción

- Actividad 1: 3 videos + foro

Repaso

- Tendencias
- Efecto Invernadero
- Gases de Efecto Invernadero
- Cambio Climático (CC)
- Impactos y acciones frente al CC

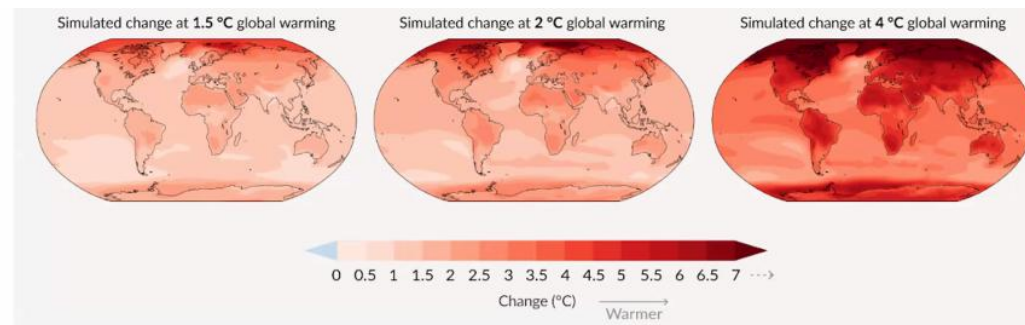


Es natural, generado por el vapor de agua y gases de efecto invernadero atmosféricos, y es lo que mantiene una temperatura compatible con la vida. Hoy se observa un aumento en la concentración de estos gases.



| GAS | PCG (AR6 GWP ₁₀₀) |
|---|-------------------------------|
| DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) | 1 |
| METANO (CH ₄) | 27-29,8 |
| ÓXIDO NITROSO (N ₂ O) | 273 |
| PERFLUOROCARBONOS (PFC) | 7.000-14.000 |
| HIDROFLUOROCARBONOS (HFC) | 160-14.600 |
| HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF ₆) | 25.200 |
| TRIFLUORURO DE NITRÓGENO (NF ₃) | 17.400 |

Cambio persistente en el clima debido al aumento del efecto invernadero por emisión de GEI. Actividad antrópica parece ser el origen principal del CC.



GEI

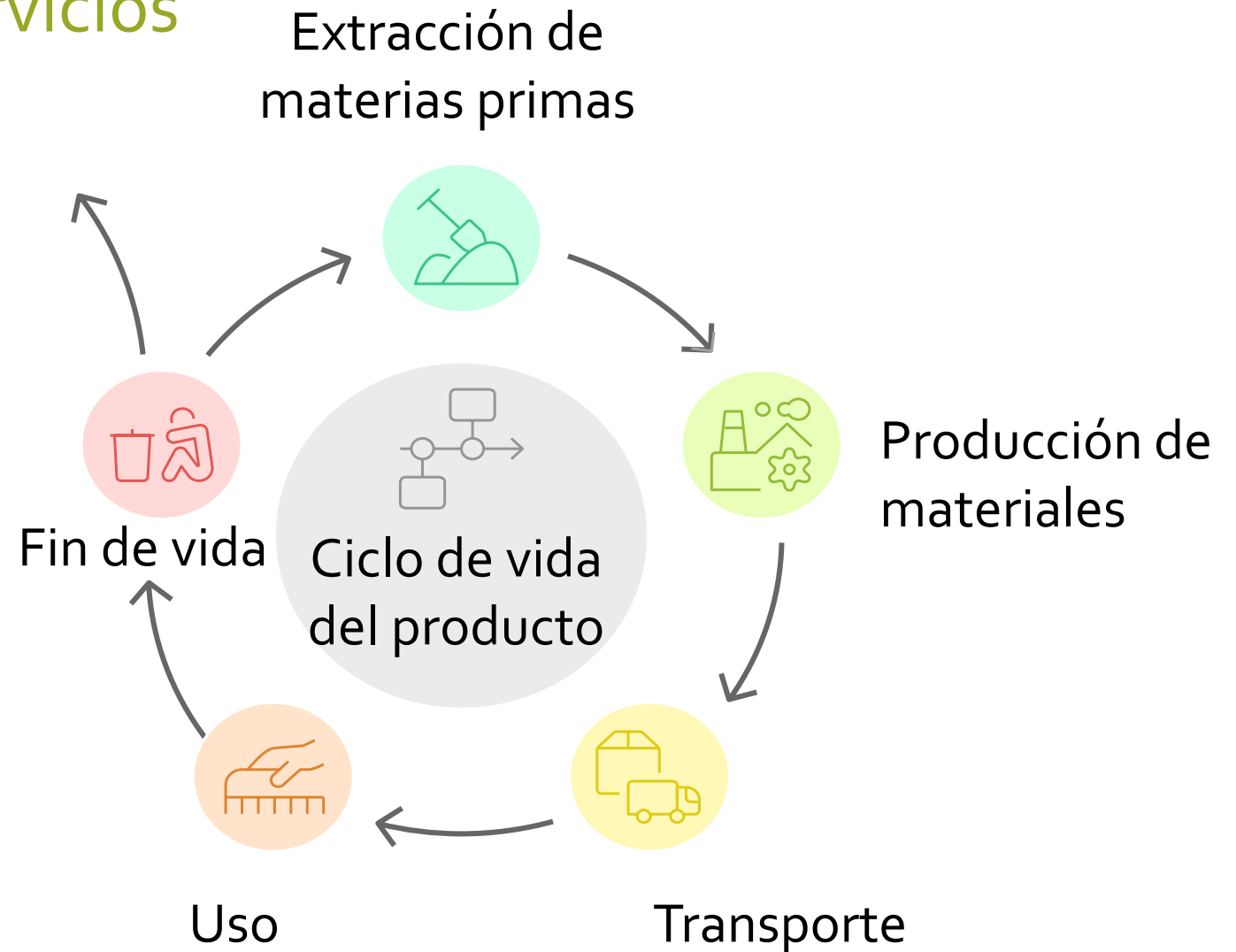
| Gas | Fuente Emisora | Persistencia de las moléculas en la atmósfera (años) | Potencial de Calentamiento Global (PCG) Horizonte de tiempo: 100 años |
|---|---|--|---|
| CO₂ DIÓXIDO DE CARBONO | Quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, producción de cemento | Variable | 1 |
| CH₄ METANO | Quema de combustibles fósiles, agricultura, ganadería, manejo de residuos | 12±3 | 21 |
| N₂O ÓXIDO NITROSO | Quema de combustibles fósiles, agricultura, ganadería, cambios en el uso de la tierra | 120 | 310 |
| PFC PERFLUOROCARBONOS | Producción de aluminio, solventes y productos contra incendios | 2.600-50.000 | 6.500-9.200 |
| HFC HIDROFLUOROCARBONOS | Refrigeración y aire acondicionado, productos contra incendios y aerosoles | 1,5-264 | 140-11.700 |
| SF₆ HEXAFLUORURO DE AZUFRE | Aislantes térmicos | 3.200 | 23.900 |

Fuente Potencial de Calentamiento Global: Segundo Informe de Evaluación del IPCC (SAR, 1995)

ACV – huellas ambientales

ACV de productos y servicios

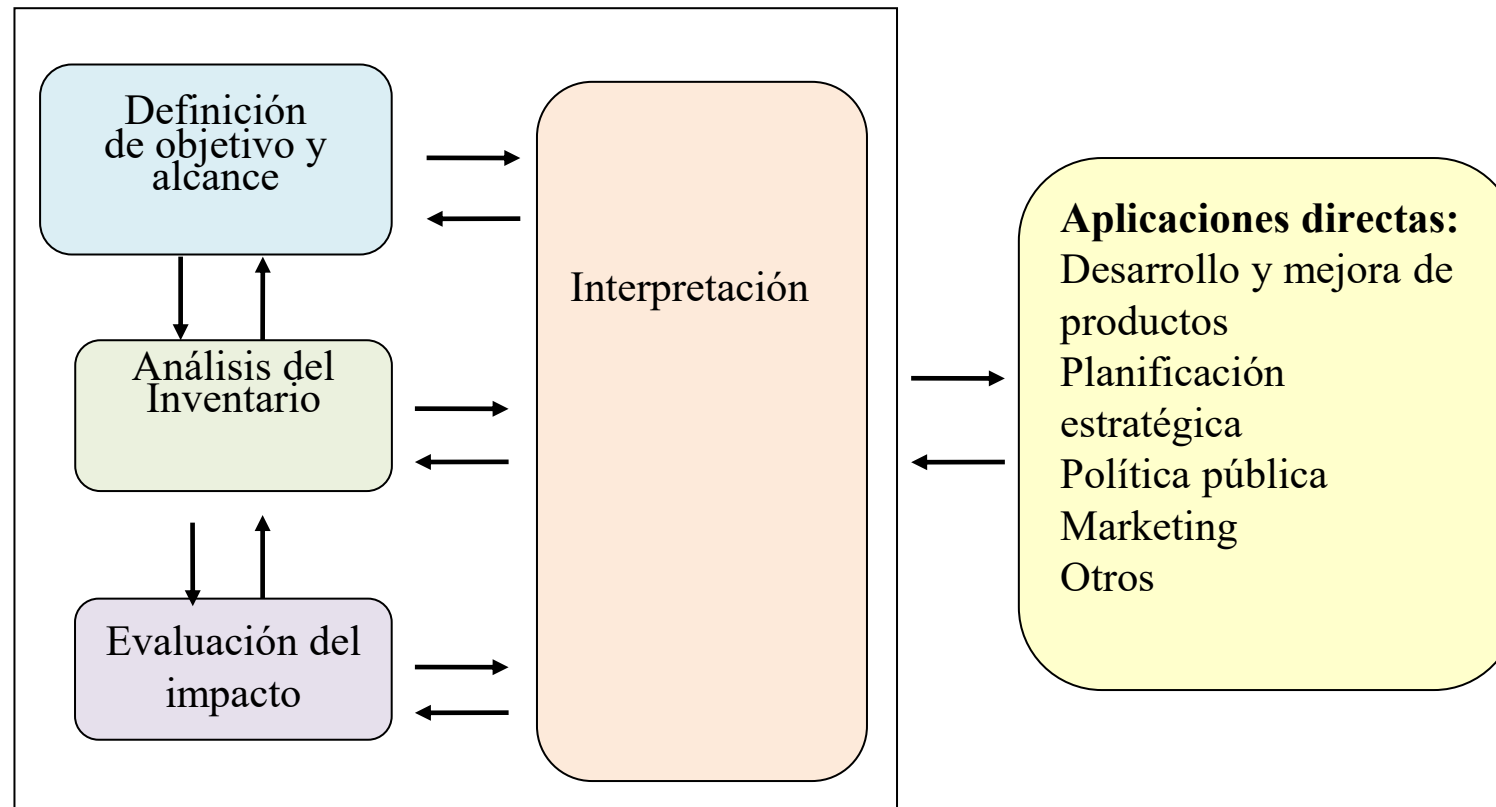
El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología científica sistemática ([ISO 14040/14044](#)) utilizada para cuantificar el impacto ambiental de un producto, servicio o proceso durante todas sus etapas, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. También existe el ACV-O (organizacional).



¡Atención! Producto vs. organización



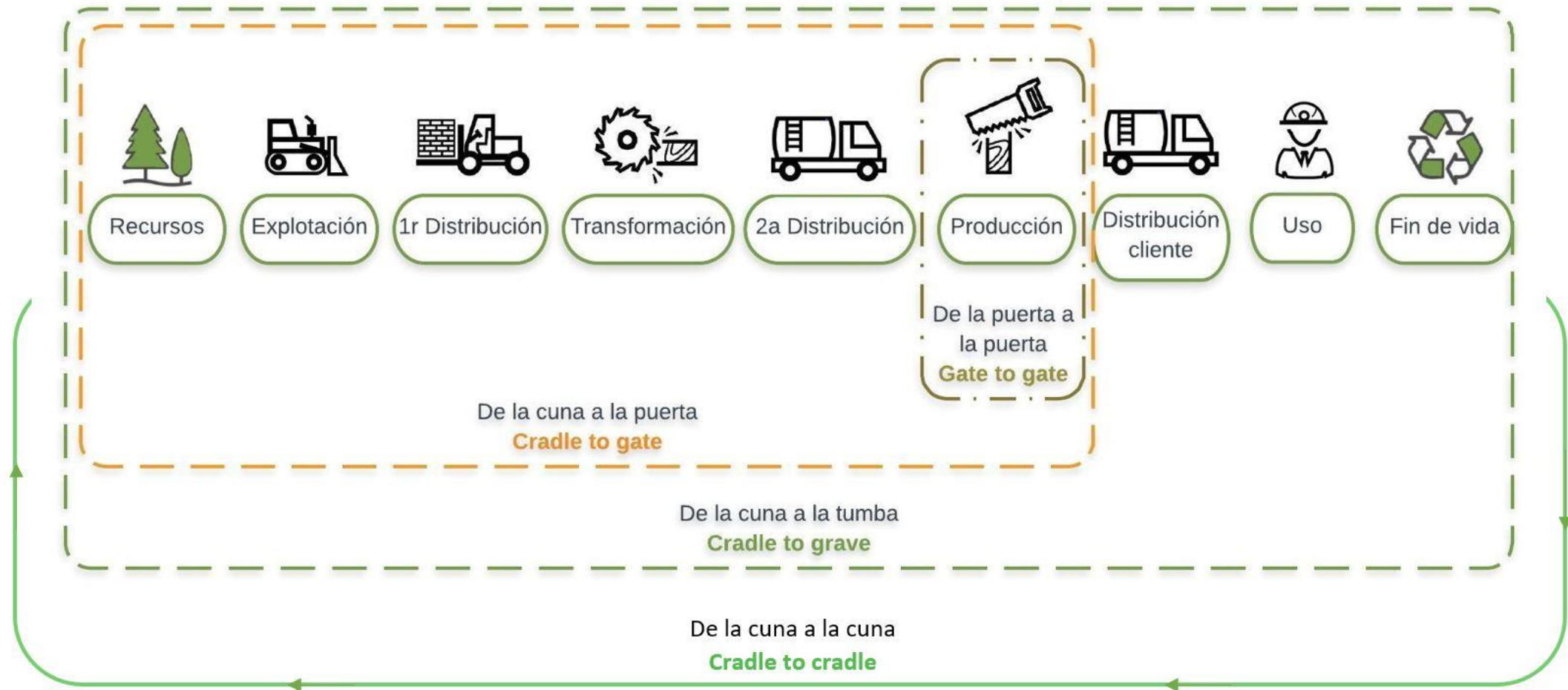
Fases de la metodología de ACV de productos y servicios- ISO 14040 y 14044 (2006)



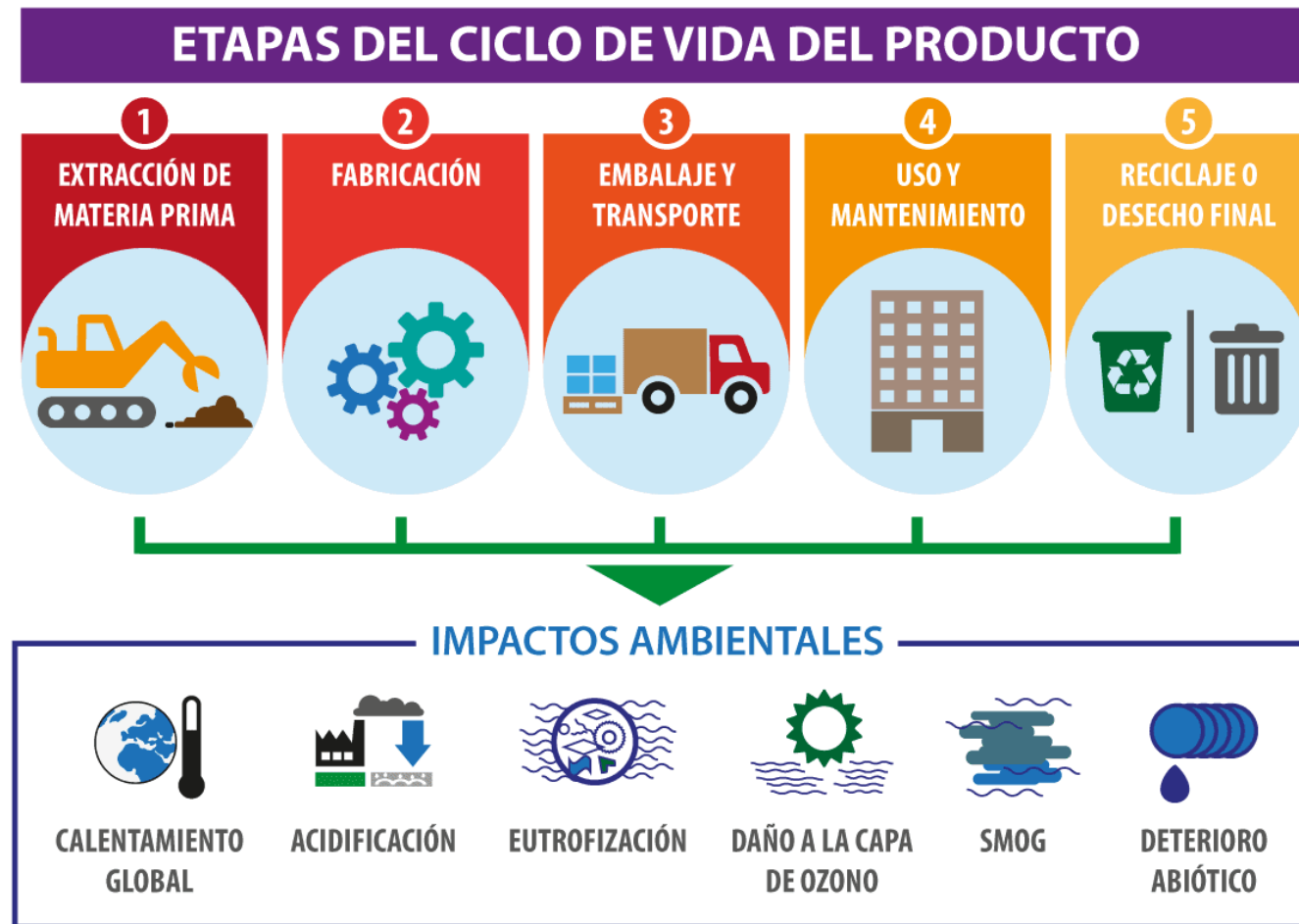
Objetivo y alcance del ACV

Objetivo:

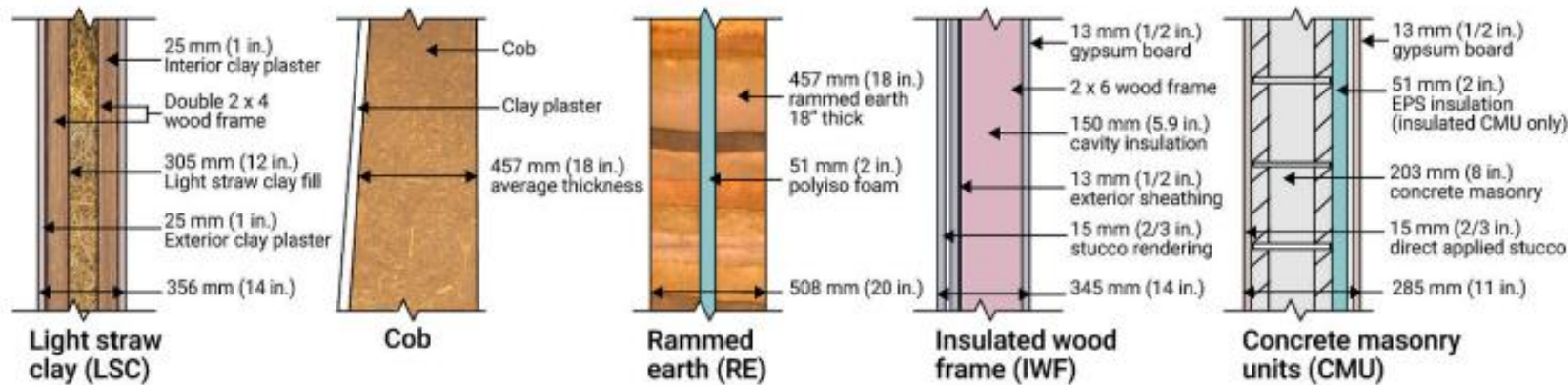
- Medir impactos
- Identificar puntos críticos
- Comparar alternativas de producción
- Comparar impactos entre productos alternativos
- Optimizar procesos



Cuantificación de impactos del ACV



Ejemplo: ACV de muros de distintos sistemas constructivos



Objetivo:

Comparar sistemas constructivos naturales y sistemas convencionales

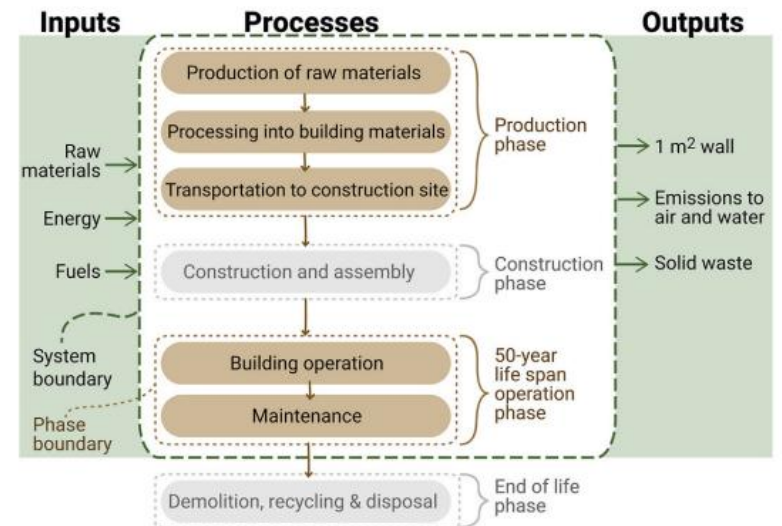
Unidad funcional:

1 m² de muro

Límites del sistema:

De la cuna (extracción), procesamiento de materias primas, fabricación de materiales de construcción, transporte a la obra, al funcionamiento y mantenimiento durante 50 años.

No llega a la tumba, no consideraron el fin de vida.



Ejemplo: ACV de muros de distintos sistemas constructivos

Table 1

Life cycle inventory results for each constituent material showing totals to construction site [42].

| Inventory item | | Straw | Sand/ gravel | Clay- rich soil | Clay plaster | Tap water | Lumber | Gypsum board, 13 mm | CMU blocks | Portland cement stucco, 60 mm | Plywood, 13 mm | Fiberglass batt, R21 | EPS insulation, R15, 51 mm |
|-----------------|-------|--------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------------------|---------------|--|-------------------|-------------------------|----------------------------------|
| | units | /bale | /kg | /kg | /m ² | /kg | /m ³ | /m ² | /100 ct | /m ² | /m ² | /m ² | /m ² |
| coal | MJ | 2.14 | 0.0205 | 0.0012 | 1.14 | 0.0030 | 240 | – | 481 | 2.91 | – | 0.72 | 26.4 |
| natural gas | MJ | 11.4 | 0.0105 | 0.0108 | 2.57 | 0.0015 | 796 | 28.6 | 109 | 10.30 | 4.95 | 3.69 | 121 |
| oil | MJ | 11.8 | 0.0619 | 0.0876 | 8.02 | 0.0008 | 329 | 9.80 | 1 | 0.47 | – | 0.42 | 117 |
| diesel | MJ | – | – | – | – | – | – | 8.89 | 279 | 1.38 | 12.2 | – | – |
| electricity | MJ | – | – | – | – | – | – | 2.92 | 137 | 1.79 | 25.7 | 55.6 | – |
| other | MJ | 0.07 | 0.0027 | 0.0177 | – | 0.0006 | – | – | 219 | 0.40 | 0.75 | – | – |
| total | MJ | 25.3 | 0.0956 | 0.1170 | 11.70 | 0.0058 | 1366 | 50.2 | 1225 | 17.2 | 43.6 | 60.5 | 265 |
| CO ₂ | kg | 0.85 | 0.0042 | 0.0070 | 0.428 | 0.0004 | 52 | 2775 | 0.39 | 2628 | 2.80 | 15.3 | 9.98 |
| SO ₂ | kg | 0.0060 | 2.9e-6 | 6.1e-6 | 0.0004 | 1.7e-6 | 0.342 | 8.08 | 0.523 | 2.21 | – | 0.0014 | 0.0816 |
| NO _x | kg | 0.0116 | 3.6e-5 | 3.7e-5 | 0.0030 | 1.0e-6 | 0.288 | 11.4 | 0.0222 | 11.2 | 0.0452 | 0.0586 | 0.0371 |
| VOC | kg | 2.4e-5 | 9.4e-7 | 1.0e-5 | 6.6e-5 | 3.1e-6 | 0.054 | 1.77 | 0.0080 | 0.196 | – | 0.0096 | 0.0002 |
| CH ₄ | kg | 0.0035 | 4.0e-6 | 4.2e-6 | 0.0004 | 2.3e-6 | 0.173 | 0.324 | 0.226 | 0.052 | 0.0136 | 0.0069 | 0.0027 |
| CO | kg | 0.0007 | 2.3e-5 | 3.9e-5 | 0.0023 | 3.0e-7 | 0.114 | 3.94 | 0.748 | 1.08 | – | 0.0348 | 0.0207 |
| TPM | ppm | 0.0004 | 2.2e-6 | 3.5e-7 | 0.0004 | 1.6e-6 | 0.366 | 6.39 | 0.390 | 4.12 | – | 0.0005 | 0.0061 |

Table 2

Constituent material quantities and proportions.

| Wall | Constituent material | Bulk density (kg/m ³) | Proportion by volume | Mix weight (kg/m ³) | Weight per m ² wall (kg) | Proportion by weight |
|------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | | A | B | C = AxBxα | Cxd | C/C _{total} |
| Light straw clay | straw | 110 [62] | 0.85 | 94 | 29 | 0.35 |
| | clay-rich soil | 1400 [63] | 0.06 [65] | 84 | 26 | 0.32 |
| | water | 1000 | 0.09 | 90 | 27 | 0.33 |
| | total | | 1.00 | C _{total} = 268 | 82 | 1.00 |
| Cob | straw | 110 [62] | 0.20 | 22 | 10 | 0.02 |
| | sand | 1600 [64] | 0.40 | 640 | 292 | 0.52 |
| | clay-rich soil | 1400 [63] | 0.40 | 560 | 256 | 0.46 |
| | dry total | | 1.00 | C _{total} = 1222 | 558 | 1.00 |
| Rammed earth | water | 1000 | | | +134 | +0.24 [66] |
| | gravel | 1500 | 0.20 | 360 | 165 | 0.20 |
| | sand | 1600 | 0.40 | 768 | 351 | 0.43 |
| | clay-rich soil | 1400 | 0.40 | 672 | 307 | 0.37 |
| | dry total | | 1.00 | C _{total} = 1800 | 823 | 1.00 |
| | water | 1000 | | | +66 | +0.08 ^[67] |

Ejemplo: ACV de muros de distintos sistemas constructivos

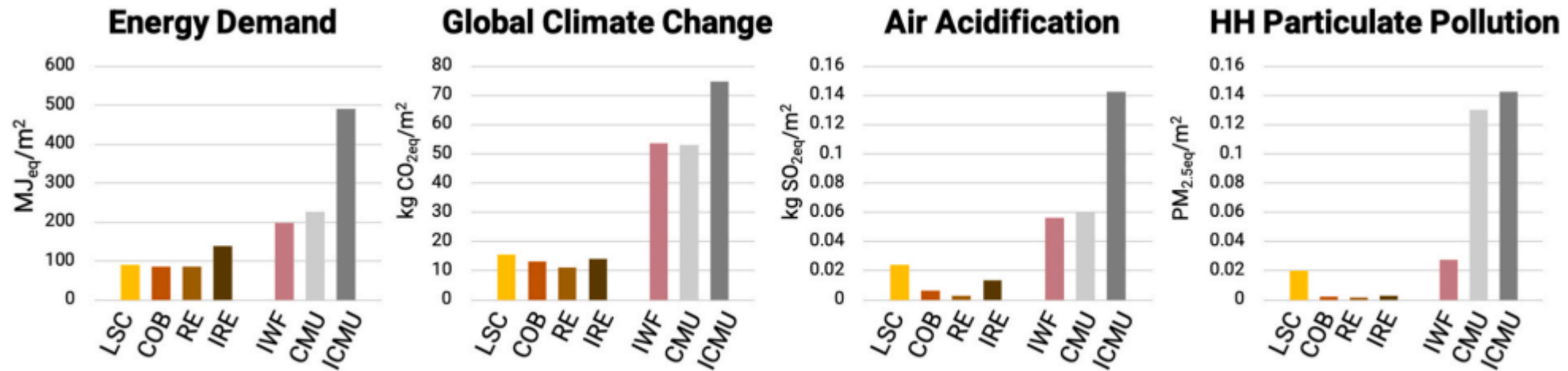
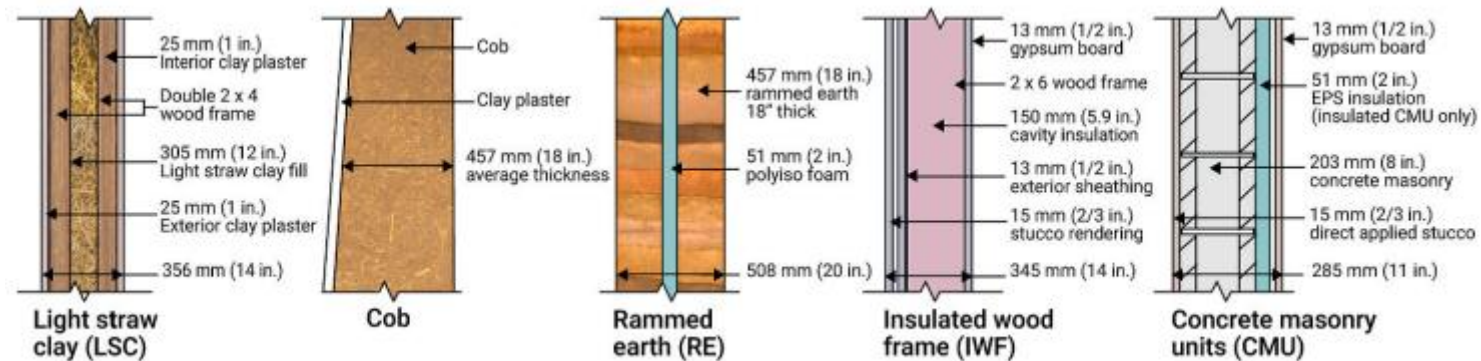


Fig. 7. Environmental impacts comparison overview for each wall system. Abbreviations: light straw clay (LSC), cob (COB), rammed earth (RE), insulated rammed earth (IRE), insulated wood frame (IWF), concrete masonry units (CMU), insulated concrete masonry units (ICMU).

Técnicas relacionadas con el ciclo de vida

Análisis de ciclo de vida



ACV (ambiental)



CCV (económico)



ACV-S (social)



ASCV (sostenibilidad)



14

Huellas



Huella de carbono



Huella hídrica



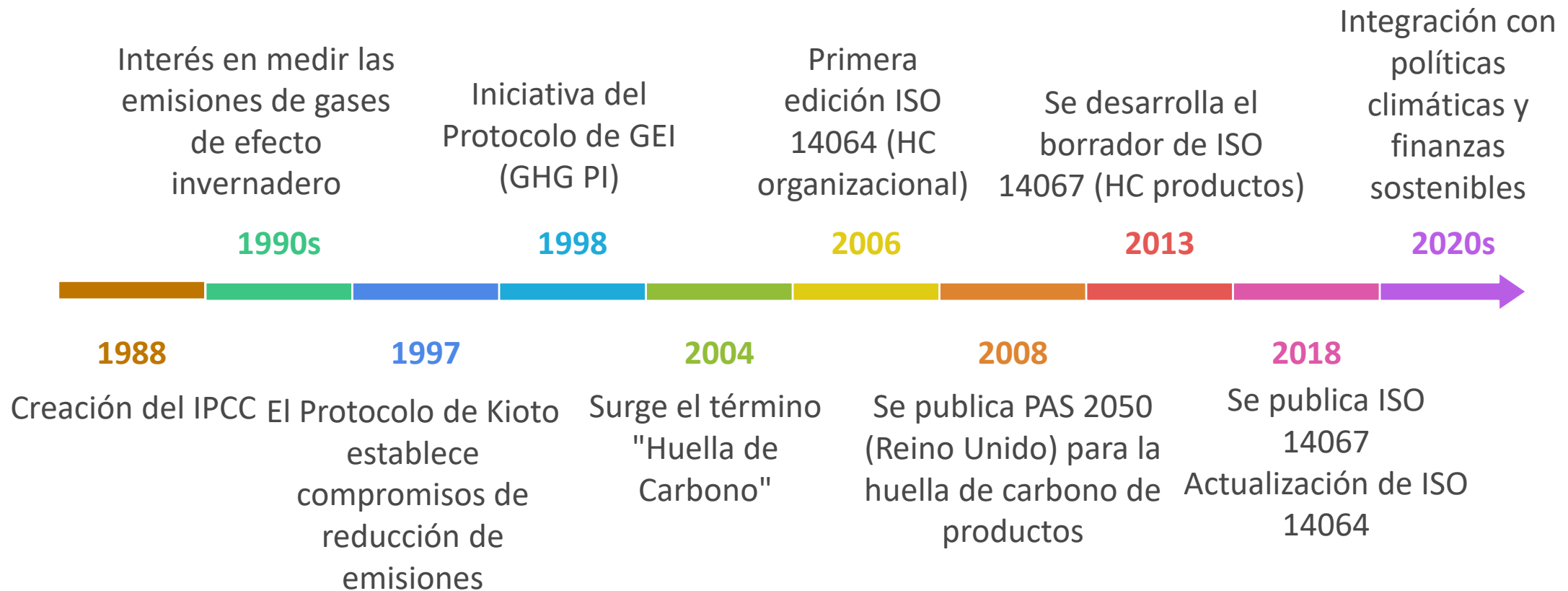
Huella ambiental o ecológica



Huella de residuos

Huella de Carbono: introducción

Historia de la Huella de Carbono



HC organizacional

GHG

Protocol

Guía de aplicación

No verificable

Fácil aplicación

ISO

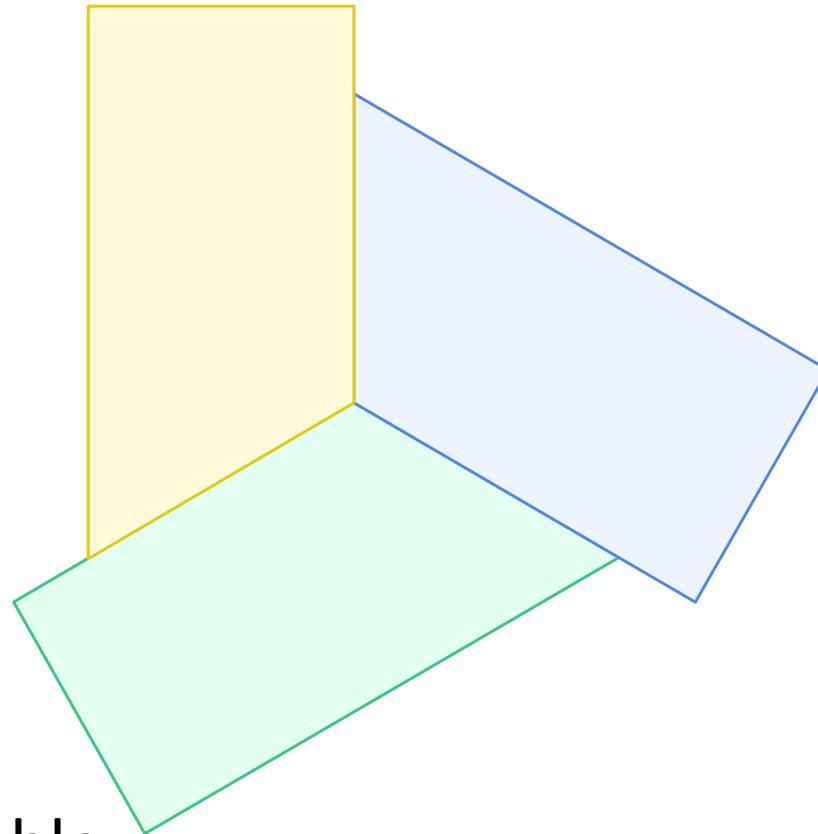
14064

Normativa

Procedimiento verificable

Proyectos de reducción de emisiones

o incrementos de remociones de GEI



Documentos de IPCC

Factores de caracterización

Métodos de cálculo

Definición de HC

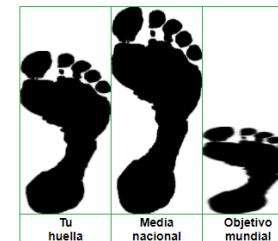
“La huella de carbono es la cantidad total de gases de efecto invernadero causados directa e indirectamente por una persona, organización, evento o producto.”

European Environment Agency (2009)



<https://www.omnicalculator.com/ecology/car-vs-bike>

<https://www.omnicalculator.com/ecology/books-vs-ebooks>



<https://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?lang=es>

Tipos de HC

Huella de carbono de producto. Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).



EMISIONES CONSIDERADAS

Emisiones directas de GEI

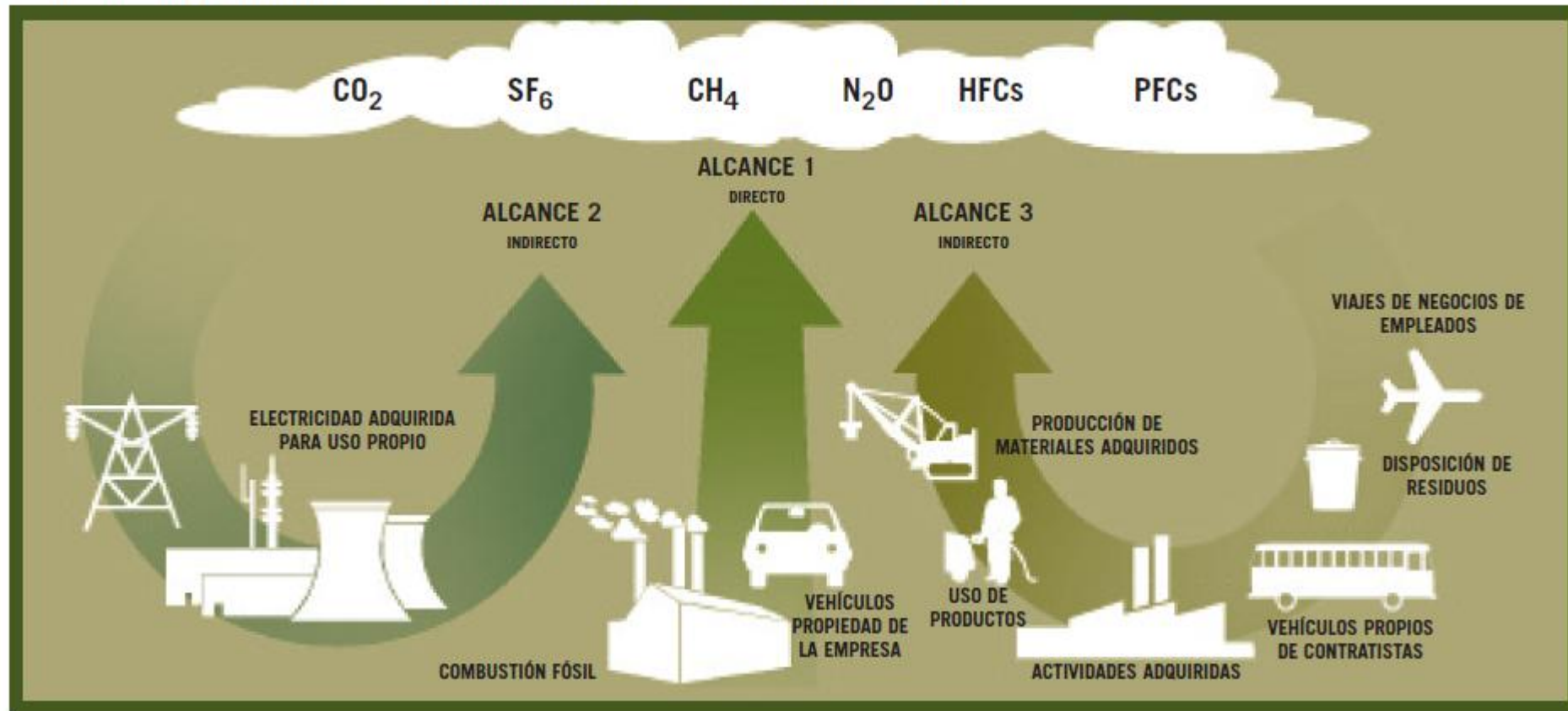
Emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones liberadas in situ en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, las emisiones debidas al sistema de calefacción si éste se basa en la quema de combustibles fósiles.

Emisiones indirectas de GEI

Emisiones consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización. Un ejemplo de emisión indirecta es la emisión procedente de la electricidad consumida por una organización, cuyas emisiones han sido producidas en el lugar en el que se generó dicha electricidad.

Alcances de la HC (ISO 14064)

Figura 3. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.



Tipos de HC: HC organizacional

Huella de carbono de una organización. Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.

| ALCANCE/ AÑO | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| ALCANCE 1 | 1.347 | 1.345 | 934 | 2.231 |
| ALCANCE 2 | 9.163 | 8.269 | 10.702 | 9.701 |
| ALCANCE 3 | 27.038 | 28.297 | 27.712 | 15.206 |
| TOTAL | 37.548 | 37.911 | 39.348 | 27.138 |

Reporte de
sustentabilidad
2016/17 de la
Pontificia
Universidad
Catolica de Chile

CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES

Medición Directa

- Se muestrea la corriente de aire de emisión. Además de ser un lugar difícil para obtener muestras, las condiciones en estas corrientes de aire puede ser extremas (temperatura, humedad y velocidad de descarga) por lo que se requiere equipo especializado. Se utilizan equipos especiales como espectrómetros y analizadores de gases y sensores específicos para las instalaciones y contaminantes en estudio.

Modelado por balance de masa

- Determina indirectamente la tasa de emisión de algunas fuentes. Herramienta de contabilización simple, pero útil para el rastreo de contaminantes. También puede identificar la existencia de emisiones fugitivas o accidentales.

CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES

Modelado de proceso

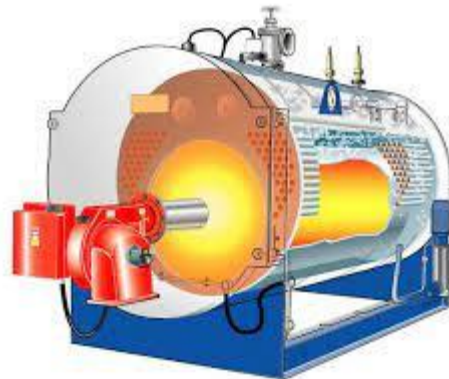
- Describe las emisiones como funciones matemáticas o información de proceso relevante. Consideran los procesos físicos y químicos que generan los contaminantes específicos. Requieren conocer muchos datos sobre los procesos que en ocasiones no son de uso público.

Modelado por factor de emisión

- Relaciona la contaminación del aire liberada por una actividad de fuente con la magnitud de esa actividad. La proporcionalidad entre las emisiones y la actividad se llama **factor de emisión**. Los factores de emisión se basan en revisiones de literatura y mediciones de procesos. Estos factores están expresados como la masa de contaminantes emitidas por peso de unidad, volumen, distancia o duración de la actividad de fuente.

TÉCNICA DE CÁLCULO

IDENTIFICAR FUENTES DE EMISIÓN:



TÉCNICA DE CÁLCULO

PARA CADA FUENTE DE EMISIÓN:

$$\text{Datos de actividad (DA)} \times \text{Factores de emisión (FE)} = \text{Huella de carbono (HC) por fuente}$$

IMPORTANTE: UNIDADES

TÉCNICA DE CÁLCULO ejemplo

¿Cuál es la HC por usar un caloventor durante todo el invierno?

Ejemplo:

HC Calefacción por uso de Caloventor

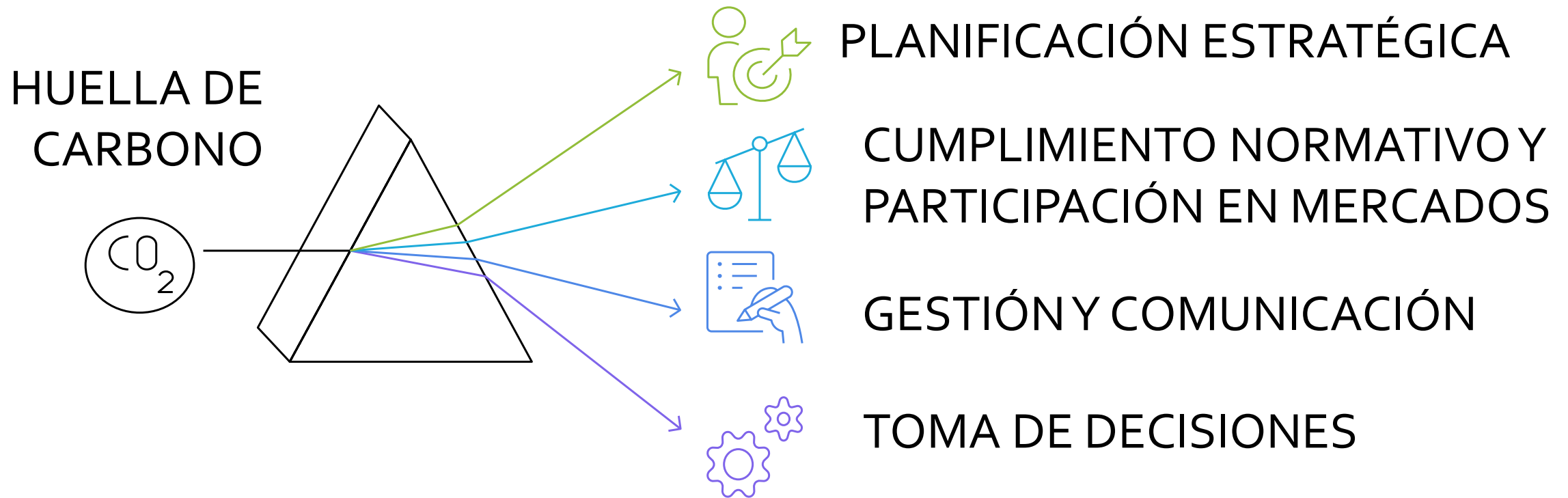
DA = Consumo (1,5 kWh/h) x Promedio consumo (5 h/día) x Tiempo (80 días) = 600 kWh

FE (Energía eléctrica) = 0.5 kgCO₂eq/kWh

HC = 600 kWh x 0.5 kgCO₂eq/kWh = 300 kgCO₂eq

IMPORTANTE: UNIDADES

Objetivos de la HC en la organización

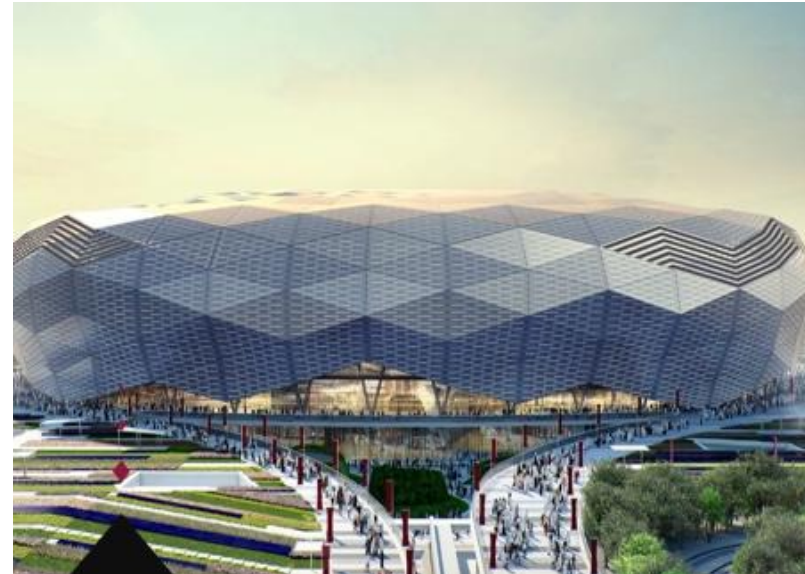


HC de un estadio. Ejemplo:

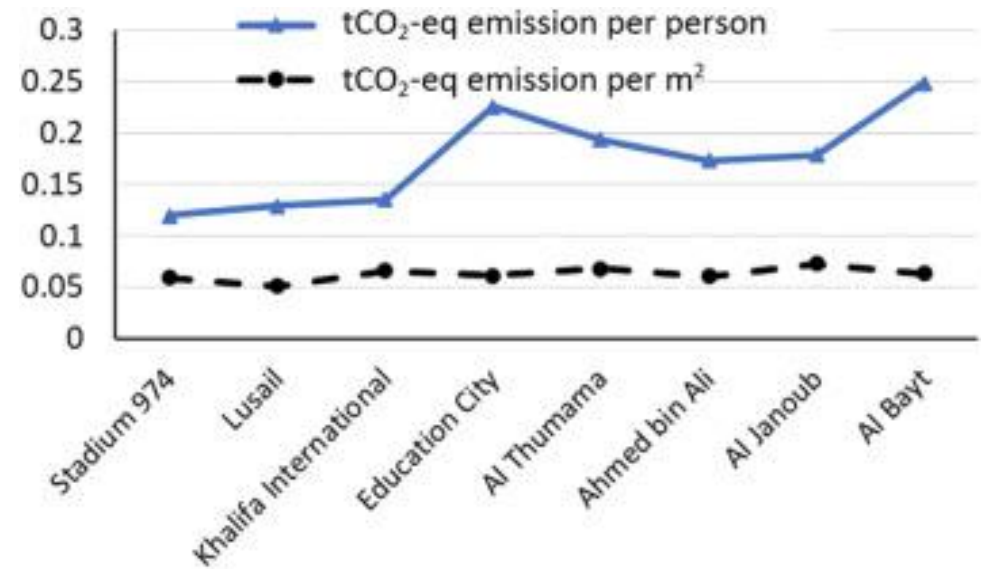
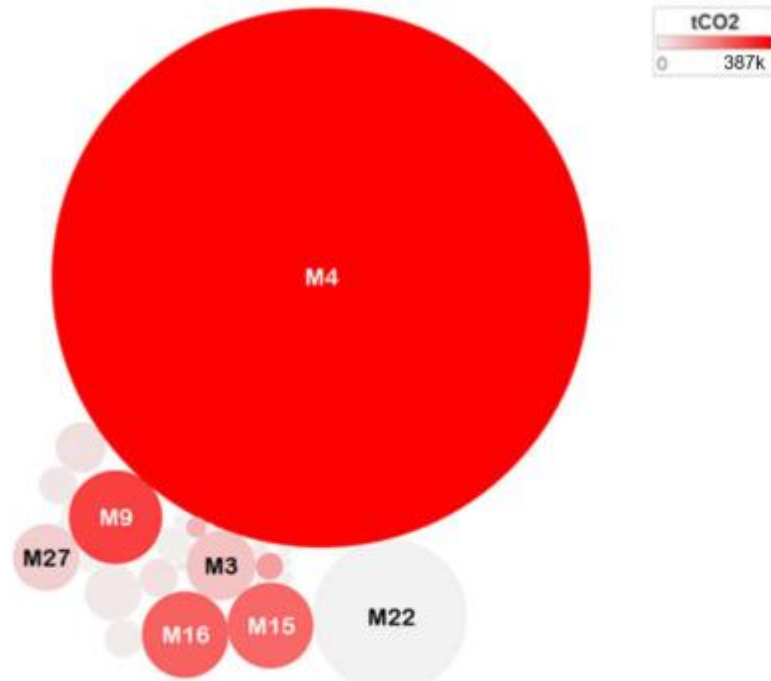
Estadio de la Copa Mundial de Fútbol Qatar 2022

Desde hace tiempo la FIFA World Cup busca minimizar los impactos ambientales.

- Alemania, 2006: Indicadores de desempeño ambiental: agua, residuos, energía, transporte y neutralidad de carbono
- Sudáfrica 2010: “Green Goal 2010”
- Rusia 2018: Estrategias de sostenibilidad
- Qatar 2022: Estrategias de Economía Circular



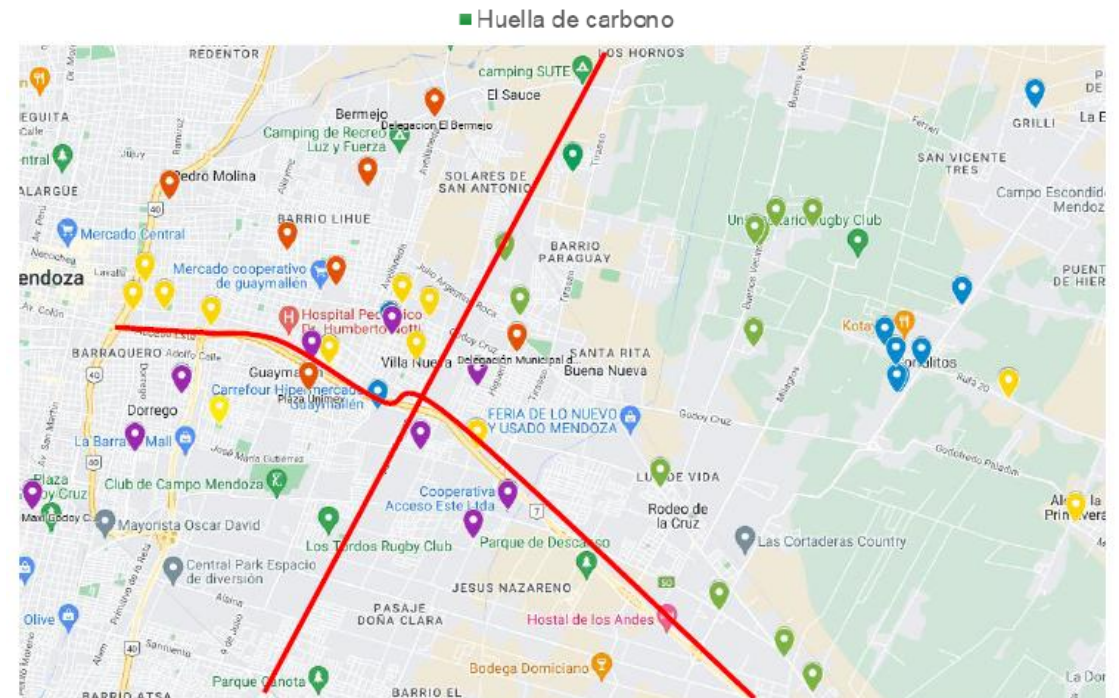
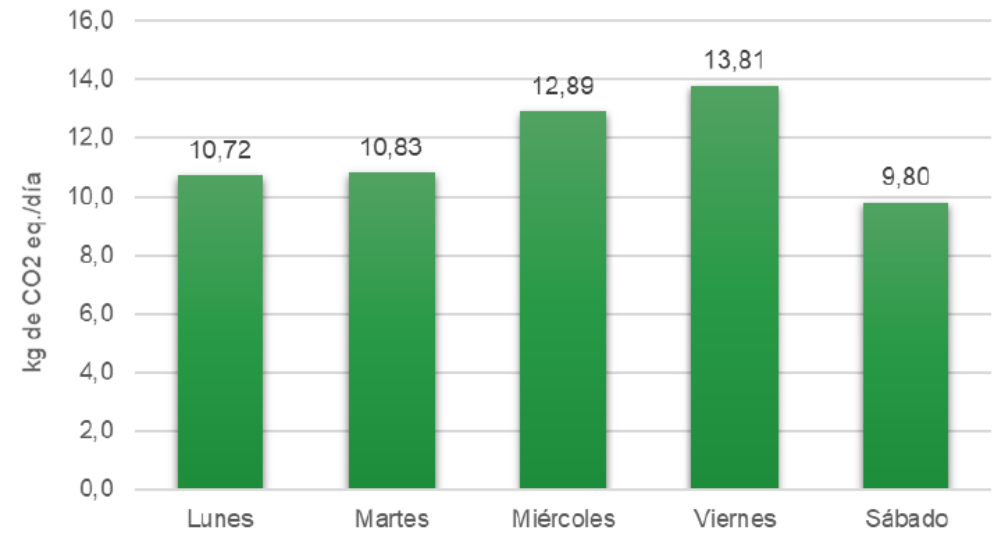
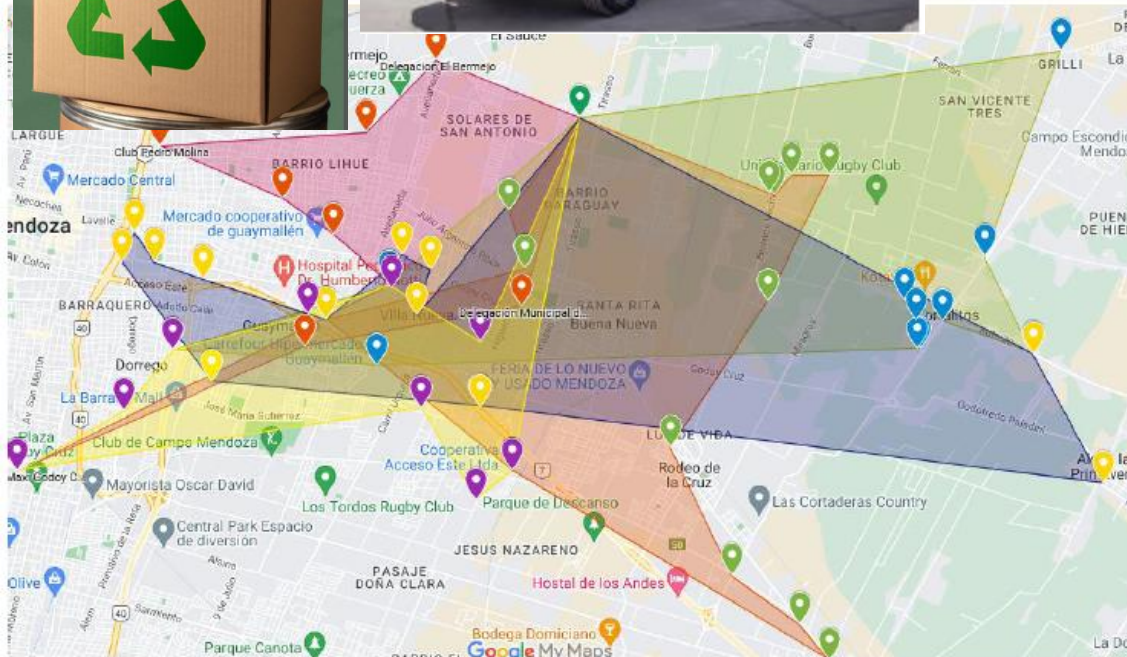
HC por tipo de material, por m², por espectador



| | | | | | | | |
|-----|------------|-----|-------------------|-----|----------------------|-----|-----------------------------|
| M1 | Aluminium | M11 | Paint | M21 | Aluminium, recycled | M31 | Plastic, recycled |
| M2 | Bitumen | M12 | Plaster | M22 | Concrete, recycled | M32 | Resin, recycled |
| M3 | Ceramics | M13 | Plastic | M23 | Fabric, recycled | M33 | Reinforcing steel, recycled |
| M4 | Concrete | M14 | Resin | M24 | Glass, recycled | M34 | Steel, recycled |
| M5 | Fabric | M15 | Steel | M25 | Gypsum, recycled | M35 | Stone, recycled |
| M6 | Glass | M16 | Reinforcing steel | M26 | Insulation, recycled | M36 | Vinyl, recycled |
| M7 | Gypsum | M17 | Stone | M27 | Metal, recycled | M37 | Wood, recycled |
| M8 | Insulation | M18 | Vinyl | M28 | Other, recycled | | |
| M9 | Metal | M19 | Wood | M29 | Paint, recycled | | |
| M10 | Other | M20 | Water network | M30 | Plaster, recycled | | |

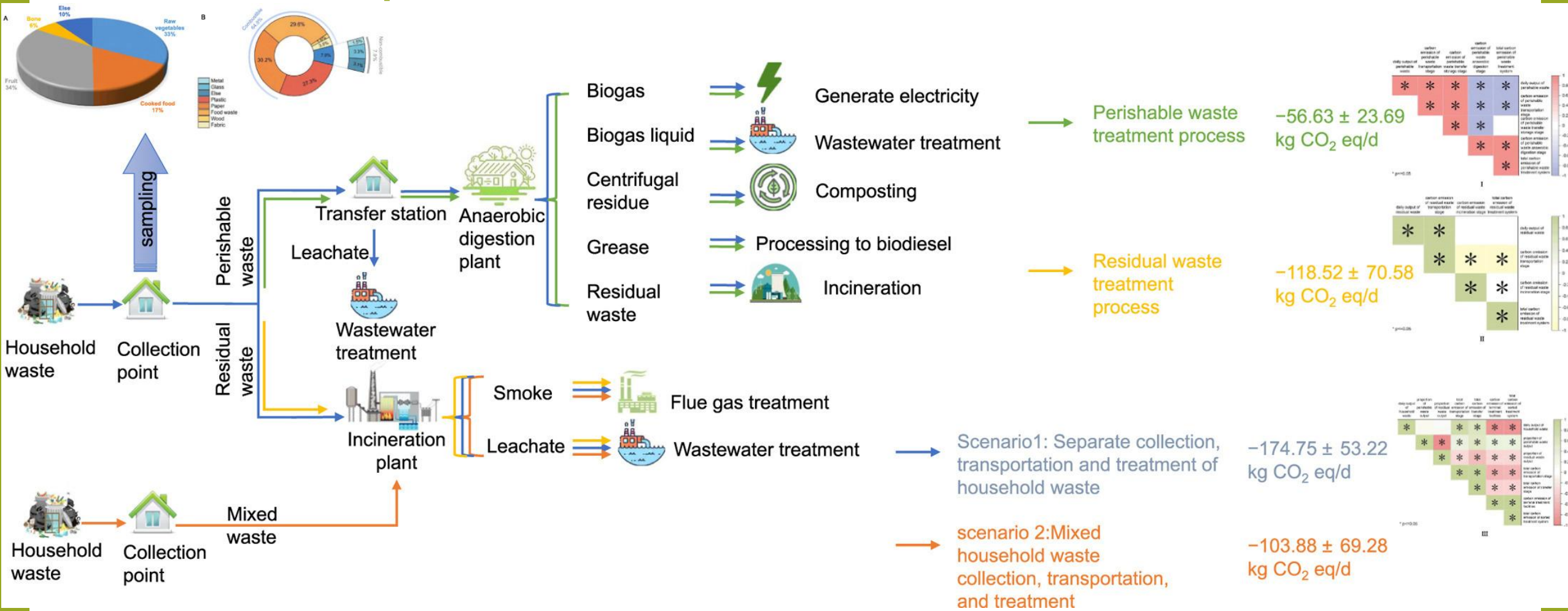
Fuente: Extraído de Al Sholi et al (2023).

HC de un sistema de recolección de residuos



Fuente: Estudiantes Licenciatura en Logística (2024)

HC comparativa de sistemas GIRSU



HC comparativa para elegir alternativas

Una bodega de Mendoza quiere definir qué envase utilizar para su producto, un vino malbec, que se venderá solo en Buenos Aires.

Opción 1 botella de vidrio de 750 cc



Opción 2 bag-in-box de 3 Litros



¿OBJETIVO?

Comparar la huella de carbono de producir vino de una bodega en Mendoza y transportarlo a Buenos Aires en dos envases (botella y BiB).



Unidad de comparación es **1 litro** de vino por lo que todos los cálculos se referirán a esta unidad.

Alcance del análisis:

- Fabricación de ambos envases y transporte del producto final.
- No se incluye el proceso de producción del vino ni el proceso de envasado.
- Tampoco se considera el transporte de los envases hasta la bodega por ser proveedores muy cercanos.

FUENTES DE EMISIÓN

DATO ACTIVIDAD

FACTORES EMISIÓN

CALCULO



| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|

Fabricación Botella:

1,33 botellas/l de vino.



Fabricación BiB:

0,33 BiB/l de vino.



| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|

En un camión entran 26 pallets, cada pallet transporta 70 cajas de 12 botellas cada una.

Transporte Botella 15750 l/camión



En un camión se transportan 24 pallets Cada uno lleva 90 cajas madres. Cada caja madre lleva 4 BiB.

Transporte BiB 25920 l/camión



| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|

Peso del vino: 1 kg.

Peso botella: 0,77 kg.

Botella: Peso 1,77 kg/l



Peso del vino: 1 kg.

Peso BiB: 0,06 kg.

BiB: Peso 1,06 kg/l



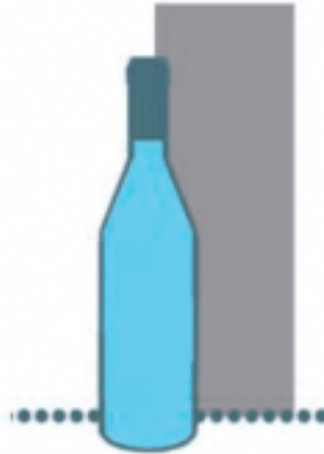
0,18 kg.

| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|

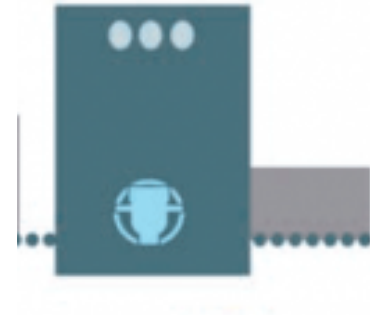
| | Botella | BiB | Unidades |
|---------------------|---------|-------|----------|
| Peso por litro | 1,77 | 1,06 | kg/l |
| Cantidad por camión | 15750 | 25920 | Litros |
| Peso camión | 27,8 | 27,4 | Ton |

Corroboramos que no se superen las 28 ton.

| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|



0,66 kg CO2eq /botella



0,49 kg CO2eq /BiB

http://www.sevi.net/es/3535_packaging_vino/16/12874/Bag-in-Box%C2%AE-envases-con-un-m%C3%ADnimo-impacto-ambiental-smurfit-kappa-baginbox-bag-in-box-packaging-vino-envase-Packaging-del-vino.htm

| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|

Transporte: calculadora EcoTransit

<https://www.ecotransit.org/calculation.en.html>

| GHG emissions as CO2e (WTW) | |
|-----------------------------|-------------|
| Climate impact | |
| | [Tonnes] |
| | TS 1 |
| Truck | 1.51 |
| Sum: | 1.51 |
| © EcoTransIT.org | |

1510 kg CO2eq/camión (28 ton)

| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|

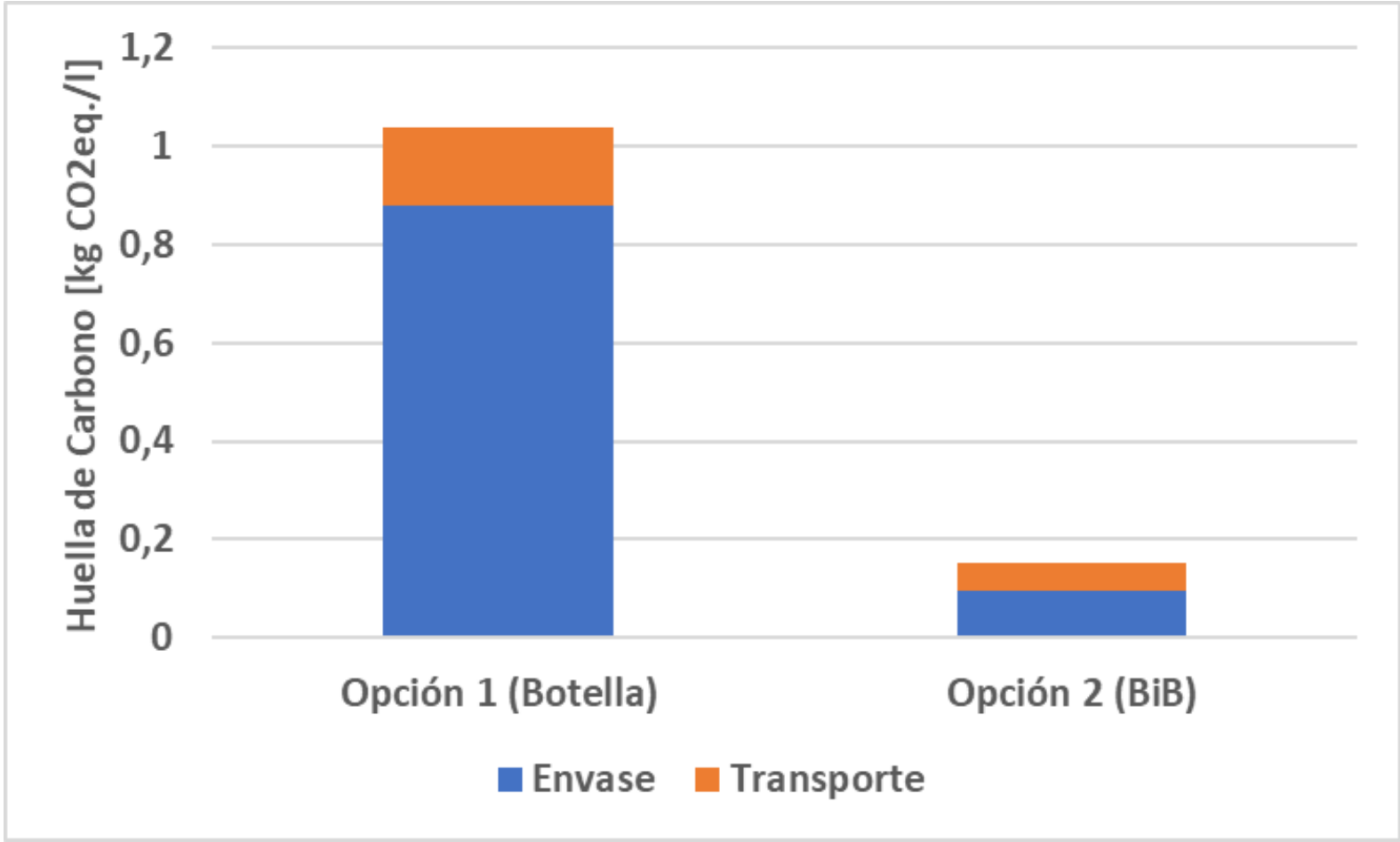
Opción 1

| | Botella | Transporte |
|-------------------|---------------------------------------|--|
| Dato de actividad | 1,33 botellas/litro | 15750 litros |
| Factor de emisión | 0,66 kg CO ₂ eq./botella | 1510 kg de CO ₂ eq. |
| Resultado | 0,88 kg CO ₂ eq./litro | 0,096 kg de CO ₂ eq. /litro |
| Total | 0,98 kg de CO ₂ eq. /litro | |

Opción 2

| | Bag in box | Transporte |
|-------------------|---------------------------------------|--|
| Dato de actividad | 0,33 bag in box/litro | 25920 litros |
| Factor de emisión | 0,49 kg CO ₂ / bag in box | 1510 kg de CO ₂ eq. |
| Resultado | 0,16 kg CO ₂ /litro | 0,058 kg de CO ₂ eq. /litro |
| Total | 0,22 kg de CO ₂ eq. /litro | |

| FUENTES DE EMISIÓN | DATO ACTIVIDAD | FACTORES EMISIÓN | CALCULO |
|--------------------|----------------|------------------|---------|
|--------------------|----------------|------------------|---------|



BIBLIOGRAFÍA

- GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN. Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España.
- Manual de Aplicación de la Huella de Carbono Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Cl (2018)
https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf
- Alejandrino, C., Mercante, I., Bovea, M.D. (2022) "Combining O-LCA and O-LCC to support circular economy strategies in organizations: Methodology and case study" Journal of Cleaner Production. Volume 336, 130365 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130365>
- Hana Yousef Al Sholi, Tadesse Wakjira, Adeeb A. Kutty, Sehrish Habib, Muna Alfadhli, Bajeela Aejas, Murat Kucukvar, Nuri C. Onat, Doyoon Kim, How circular economy can reduce scope 3 carbon footprints: Lessons learned from FIFA world cup Qatar 2022, Circular Economy, Volume 2, Issue 1, 2023, 100026, <https://doi.org/10.1016/j.cec.2023.100026>

Actividad 1

Formación profesional en huella de carbono para organizaciones públicas y privadas- 2026



FORMACIÓN PROFESIONAL EN

Imagen: Encabezado 3, por Clarisa Alejandrino, Licencia Todos los derechos reservados

Curso Configuración Participantes Calificaciones Informes Más ▾

Información General Clases **Actividades**

Actividades **Actividad 1 - Debate en foro** Actividad 2 - Caso de estudio Actividad 3 - Cálculo de huella de carbono

📁 Actividad 1 - Debate en foro

Charla TED Sergio Federovisky. Biólogo, periodista e investigador de política ambiental, nos viene a hacer reflexionar sobre los principales problemas medioambientales. ¿Quiénes son responsables? ¿Cómo ha avanzado la crisis ecológica en las últimas décadas? ¿Qué podemos hacer para cambiar esta realidad? concepto del hombre verde.





FORMACIÓN PROFESIONAL EN

Huella de carbono

Para organizaciones públicas y privadas

¡MUCHAS GRACIAS!