

CURSO DE POSGRADO

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CON PERSPECTIVA DE CICLO DE VIDA

Dra. Ing. Clarisa Alejandrino
14 de agosto de 2024

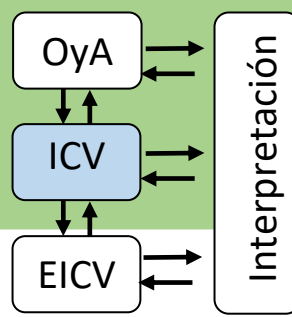


UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

Universidad Nacional
de General Sarmiento



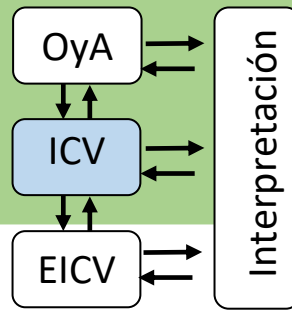
TEMAS DEL DÍA



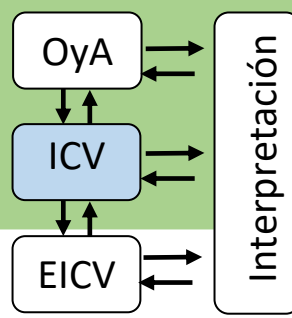
Inventario de Ciclo de Vida (ICV):

- bases de datos
- requerimientos y evaluación de calidad de datos.
Incorporación de incertidumbre.
- asignación de datos
- resultado del ICV

Bases de datos en ICV



ECOINVENT V 3.10. Más de 15.000 datasets en las áreas de suministro de energía, agricultura, transporte, biocombustibles y biomateriales, productos químicos a granel y especiales, materiales de construcción, materiales de embalaje, textiles, metales básicos y preciosos, procesamiento de metales, TIC y electrónica, productos lácteos, madera y tratamiento de residuos (<https://simapro.com/products/ecoinvent/>).

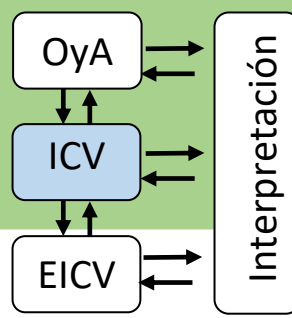


ECOINVENT

- Es reconocida como la base de datos LCI más grande y más consistente del mercado.
- Datos tanto a nivel de proceso unitario (U) como de proceso de sistema (S).
- Acceso a relaciones matemáticas y parámetros utilizados en los datasets.
- Ofrece actualizaciones frecuentes (casi todos los años).
- Se encuentra disponible en línea una amplia documentación.

<https://ecoinvent.org/>

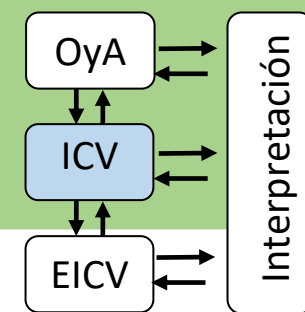
Bases de datos en ICV



Agri-footprint database: BD completa de ICV sobre productos agrícolas: piensos, alimentos y biomasa. La última versión, Agri-footprint 6.3, cubre una amplia gama de categorías de impacto, incluidas las relacionadas con el agua, el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra, los fertilizantes y los pesticidas (<https://simapro.com/products/agri-footprint-database/>).

Industry data 2.0: Incluye más de 300 conjuntos de datos de las industrias de plásticos, surfactantes, detergentes y acero. Los datos son recopilados por diferentes asociaciones de la industria: Plastics Europe, ERASM, World Steel, International Molybdenum Association y Alliance for Beverage Cartons and the Environment (<https://simapro.com/products/industry-data/>).

Bases de datos en ICV



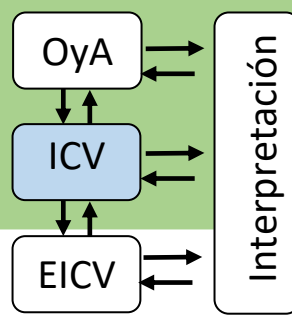
EXIOBASE v3.3 es una base de datos de entrada y salida (IO) global, detallada y multirregional. Proporciona datos con gran nivel de detalle en términos de sectores, productos, emisiones y recursos para todos los países cubiertos, incluidos 43 países, 160 sectores industriales y 200 categorías de productos (<https://simapro.com/products/exiobase-database/>).

WEEE LCI Database: BD francesa relativa a gestión de RAEE. Contiene más de 900 datasets conjuntos de datos LCI para modelar el final de la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y algunos profesionales.

Incluye 3 datasets que cubren los principales plásticos (PP, PS y ABS) reciclados a partir de RAEE regenerados en Europa.

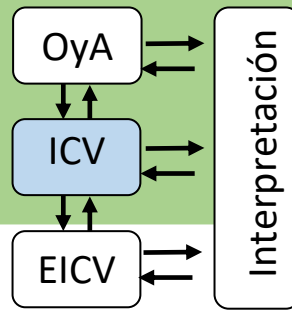
(<https://simapro.com/products/weee-lci-database/>)

Bases de datos en ICV



Environmental Footprint Database: BD diseñada para respaldar el uso de las reglas de categorías de la huella ambiental de productos (PEFCR) y las reglas sectoriales de la huella ambiental de organizaciones (OEFSR). Contiene conjuntos de datos secundarios de inventario de ciclo de vida que cumplen con la EF y un método de evaluación de impacto de la EF compatible. Esta BD es parte de la Iniciativa del Mercado Único de Productos Verdes de la Comisión Europea. (<https://simapro.com/products/environmental-footprint-database/>)

Bases de datos en ICV



¿Cómo encuentro un dataset?

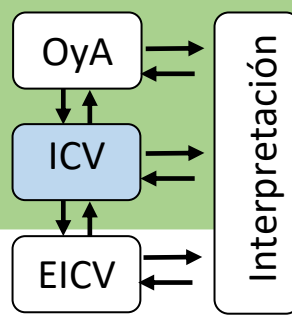
Softwares (SimaPro por ej.)

Global LCA Data Access (101589 Datasets)

<https://www.globalcadataaccess.org/search>

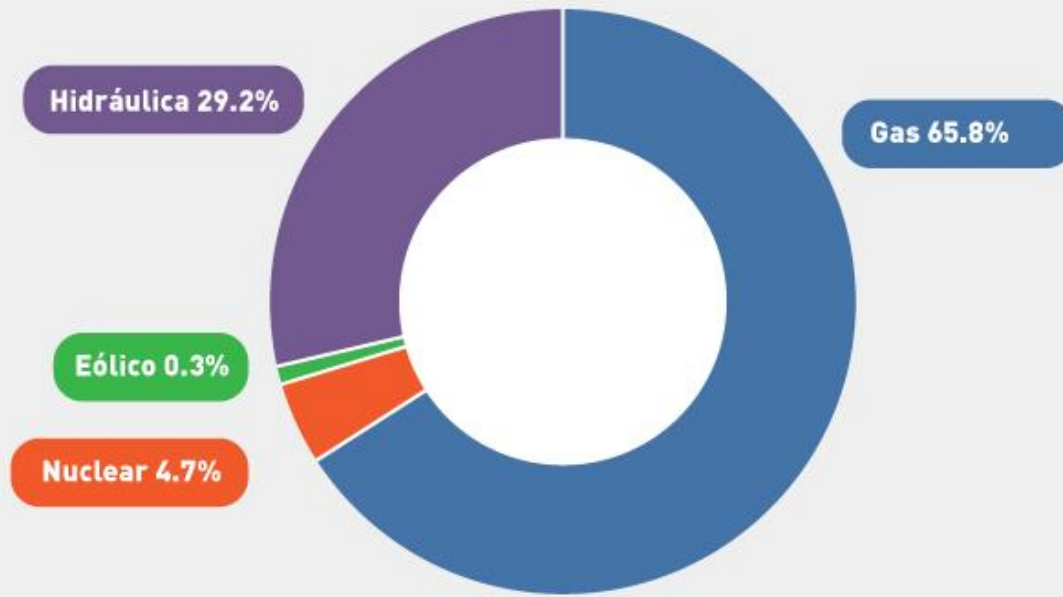
En las paginas de las BD (Ecoinvent)

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE!!



Cuando se utilizan datos de BD internacionales se debe tener especial cuidado en la matriz eléctrica utilizada.

Matriz de generación eléctrica Argentina 2012



https://energiasdemipais.edu.ar/edmp_lecturas/matriz-energetica/

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE!!

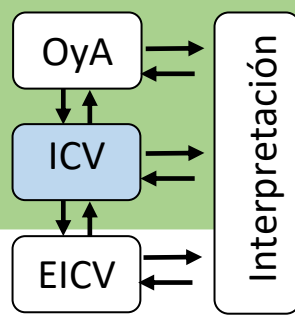
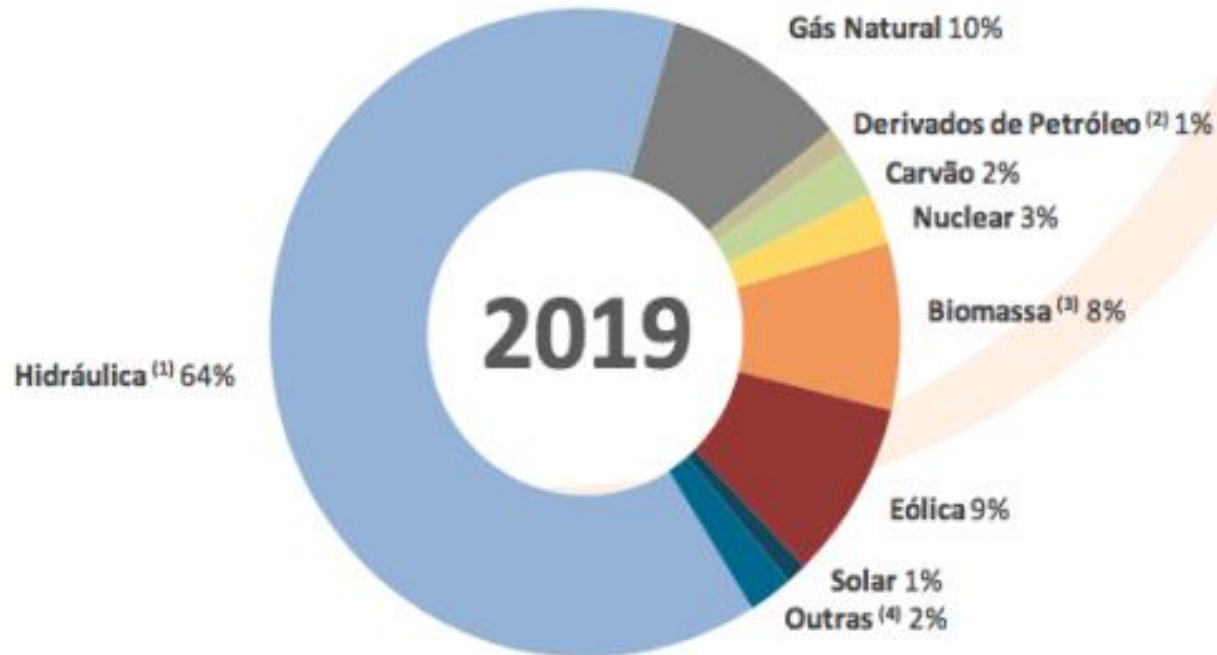


Gráfico 2.2 Geração de Energia Elétrica por Fonte no Brasil - Participação em 2019

Brazil Electricity Generation by source (%)



Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN 2020; Elaboração: EPE

Extraído de:
[https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Brasil#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidroel%C3%A9ctrica%20represent%C3%B3%20el,nuclear%20\(1%2C1%25\).](https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Brasil#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidroel%C3%A9ctrica%20represent%C3%B3%20el,nuclear%20(1%2C1%25).)

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE!!

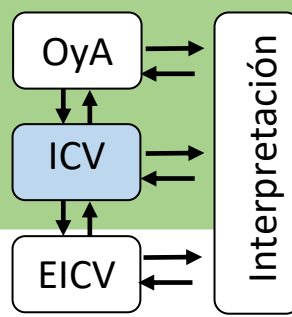
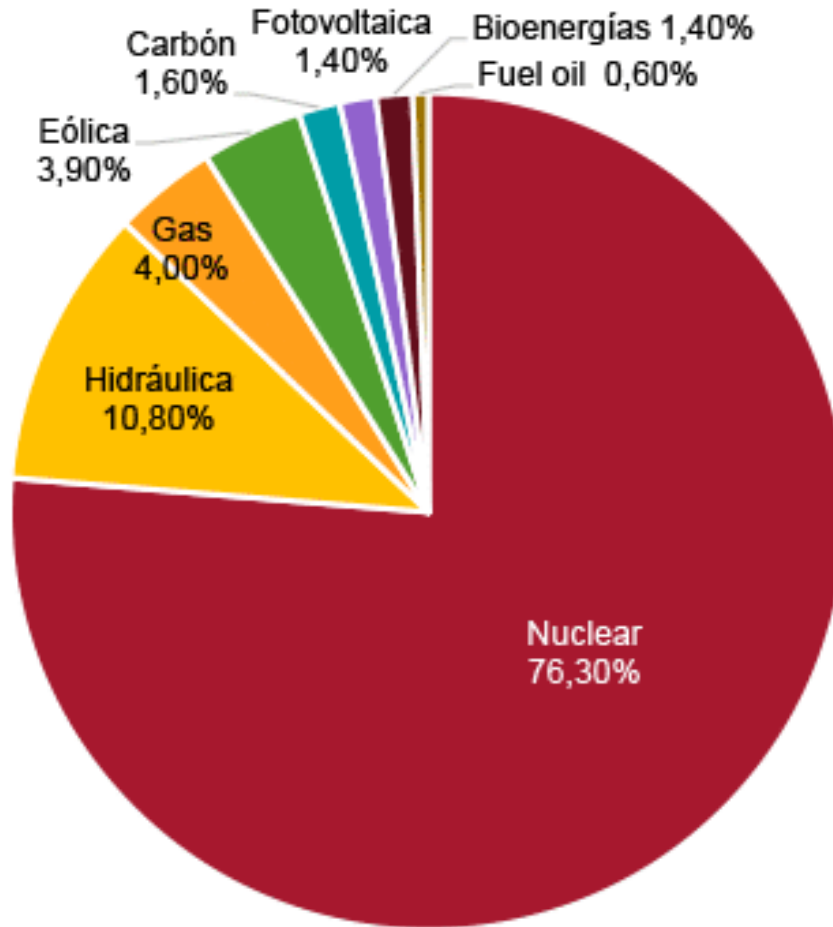


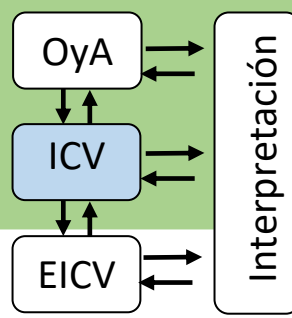
Figura 2. *Mix* eléctrico francés, 2015



Fuente: RTE.

Extraído de:
<https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-ley-de-transicion-energetica-francesa-para-el-crecimiento-verde-y-la-programacion-plurianual-de-energia-2016-2023/>

Calidad de datos en ICV

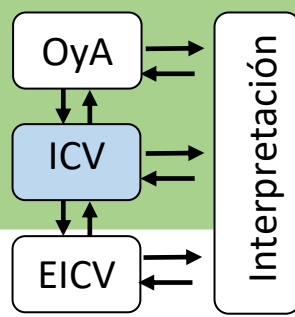


Característica de los datos que se relaciona con su capacidad para satisfacer los requisitos establecidos

Son la base de la confiabilidad de los resultados y permiten la interpretación correcta de los mismos.

Requisitos recomendados: tiempo, geografía, tecnología, precisión, integridad, representatividad, coherencia, reproductibilidad, fuente, incertidumbre.

Calidad de datos en ICV



Evaluación cualitativa

Matrices de Pedigree o de genealogía
(Weidema, 1998; Weidema and
Wesnæs, 1996)

Confiabilidad

Indicadores

**Correlación
temporal**

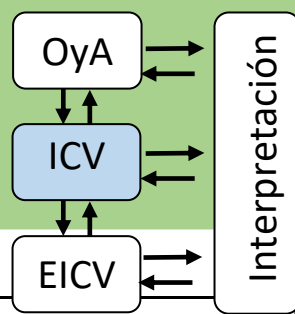
Representatividad

**Correlación
geográfica**

**Correlación
tecnológica**

Puntuación: 1 (alta calidad) a 5 (baja calidad)

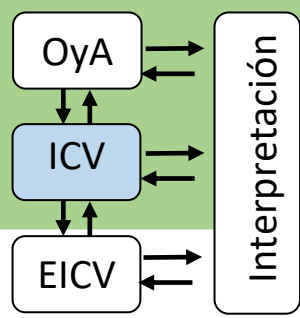
Matriz de Pedigree (Ambiental)



Puntaje	1	2	3	4	5
Confiabilidad	Datos verificados basados en mediciones	Datos verificados en parte basados en suposiciones o datos no verificados basados en mediciones	Datos no verificados basados en parte en estimaciones calificadas	Estimación calificada (por ejemplo, experto industrial); datos derivados de información teórica (estequiometría, entalpía, etc.)	Estimación no calificada
Representatividad	Datos representativos de todos los sitios relevantes para el mercado considerado durante un período adecuado para igualar las fluctuaciones normales	Datos representativos de > 50% de los sitios relevantes para el mercado durante un período adecuado para igualar las fluctuaciones normales .	Datos representativos de solo algunos sitios (< 50%) relevantes para el mercado o > 50% de sitios pero de períodos más cortos	Datos representativos de un solo sitio relevante para el mercado o algunos sitios pero de períodos más cortos	Representatividad desconocida o datos de un pequeño número de sitios y de períodos más cortos
Correlación temporal	Menos de 3 años de diferencia con el periodo de referencia	Menos de 6 años de diferencia con el periodo de referencia	Menos de 10 años de diferencia con el periodo de referencia	Menos de 15 años de diferencia con el periodo de referencia	Edad de los datos desconocidos o más de 15 años de diferencia con el periodo de referencia
Correlación geográfica	Datos del área en estudio	Datos promedio de un área más grande en la que se incluye el área en estudio	Datos de un área más pequeña que el área en estudio, o de un área similar	Datos de un área con condiciones de producción ligeramente similares	Datos de un área desconocida o claramente diferente
Correlación tecnológica	Datos de empresas, procesos y materiales en estudio (tecnología idéntica)	Datos de procesos y materiales en estudio (tecnología idéntica) pero de diferentes empresas	Datos sobre procesos o materiales relacionados pero la misma tecnología, o datos de procesos y materiales bajo estudio pero de tecnología diferente	Datos sobre procesos o materiales relacionados y tecnología diferente, o datos sobre procesos a escala de laboratorio y la misma tecnología	Datos sobre procesos o materiales relacionados pero a escala de laboratorio de tecnología diferente

Fuente: De Barba et al. (2014)

Calidad de datos en ICV



Calculo de calificación de
calidad de datos (CCD)

$$CCD = \frac{Co + Re + CTem + CG + CTec}{5}$$

Co: Confiabilidad

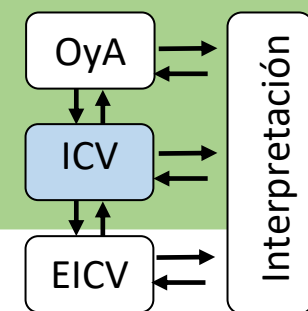
Re: Representatividad

CTem: Correlación Temporal

CG: Correlación Geográfica

CTec: Correlación Tecnológica

Calidad de datos en ICV



Calificación general de calidad de datos (CGGD)

Promedio de todas las CCD que conforman el inventario

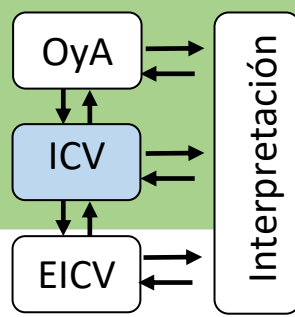
Nivel general de calidad de datos (NGCD)

CGGD	NGCD
<1.6	Excelente
1.6 a 2.0	Muy bueno
2.1 a 3.0	Bueno
3.1 a 4.0	Regular
>4.1	Deficiente

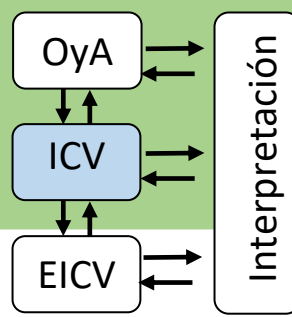
Fuente:
Manfredi et al
2012

**TOMAR
ACCIONES**

Calidad de datos en ICV



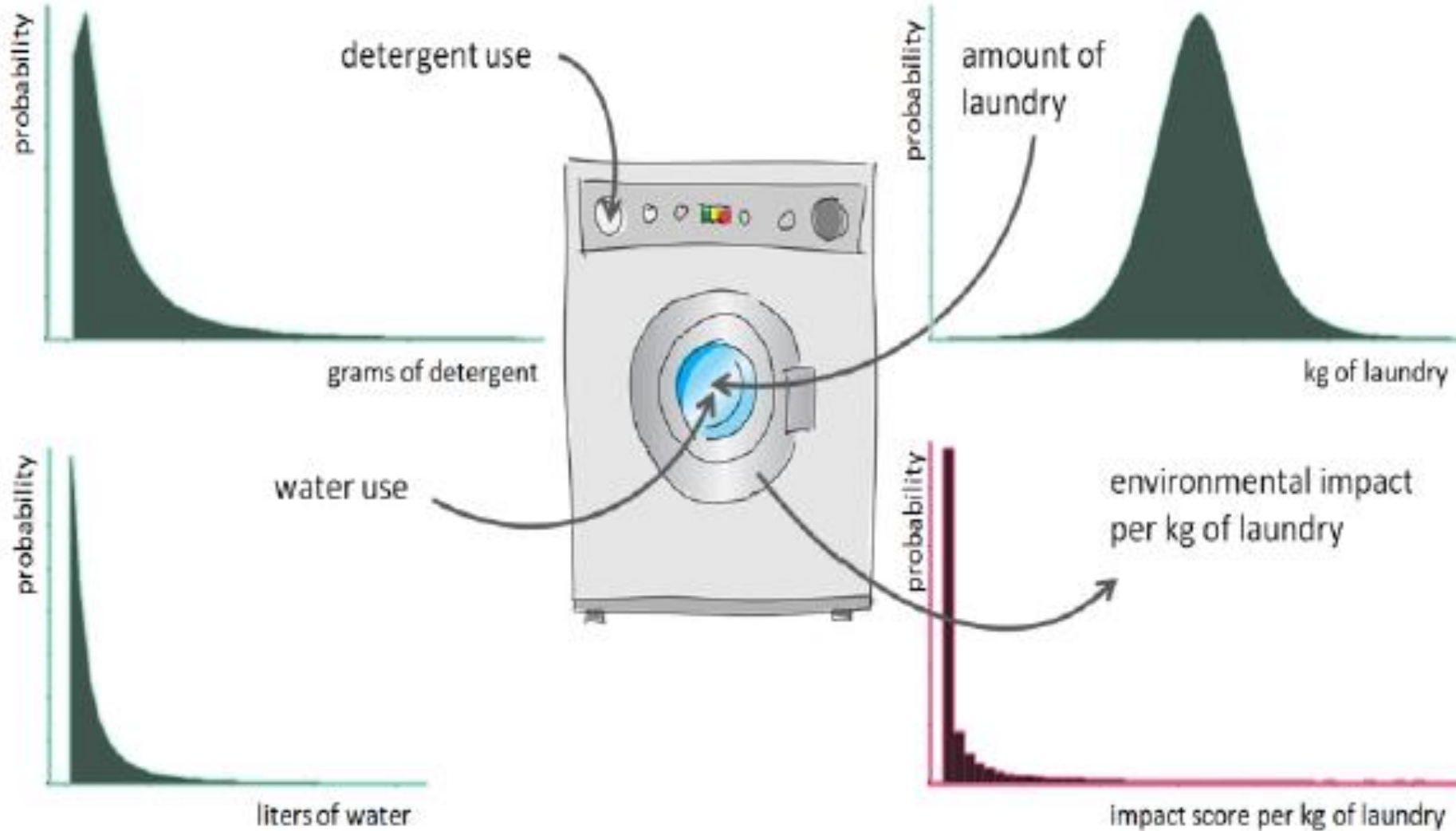
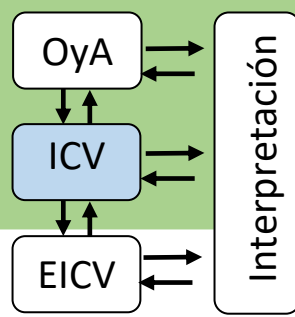
EJEMPLO



ACCIONES FRENTE A NGCD NO ACEPTABLE (Interpretación)

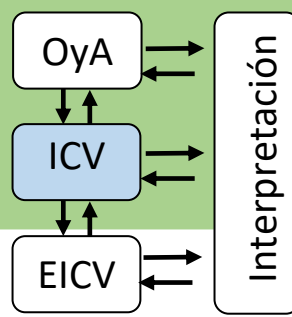
- **Mejorar los datos que tengan mayor incertidumbre.** Para esto se pueden cambiar datos secundarios por datos primarios o cambiar la fuente de datos secundarios por una más representativa.
- **Incorporar la incertidumbre a los resultados,** considerando los parámetros estadísticos que caracterizan a los resultados en lugar de simplificarlos en valores determinísticos.

INCORPORAR INCERTIDUMBRE - Ejemplo



Fuente: <https://pre-sustainability.com/articles/behind-the-scenes-at-monte-carlo-simulations/>

Matriz de Pedigree – INCERTIDUMBRE



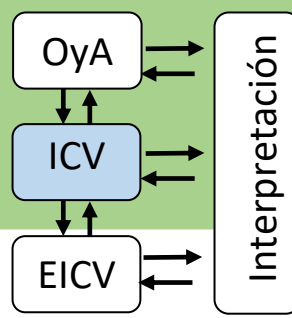
A partir de estas matrices es posible incorporar la incertidumbre al ICV transformando los datos de determinísticos a **probabilísticos**.

Nos permite estimar la **mediana** y la **desviación** estándar de la distribución según el procedimiento propuesto por Weidema et al. (1996).

Este es el proceso utilizado por **Ecoinvent** para incorporar la incertidumbre en sus datos de inventario (Weidema et al., 2013).

En ACV es común suponer que los datos de entrada siguen una distribución de probabilidades **log-normal**, a menos que se cuente con datos para justificar otra distribución (Clavreul et al., 2012). Esta es la distribución que se puede obtener a partir de este procedimiento.

Asignación de datos en ICV

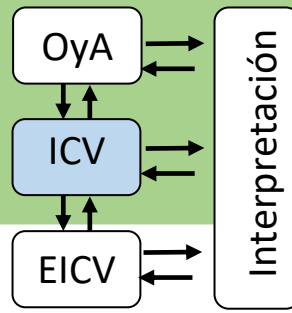


Distribución de los flujos de entrada o de salida de un proceso o un sistema del producto entre el sistema del producto bajo estudio y uno o más sistemas del producto diferentes (Definición de ISO 14040).

Se utiliza cuando:

- Procesos multifuncionales (Coproductos)
- Economía circular (Reciclaje, remanufactura, etc.)

ASIGNACIÓN: PROCESOS MULTIFUNCIONALES



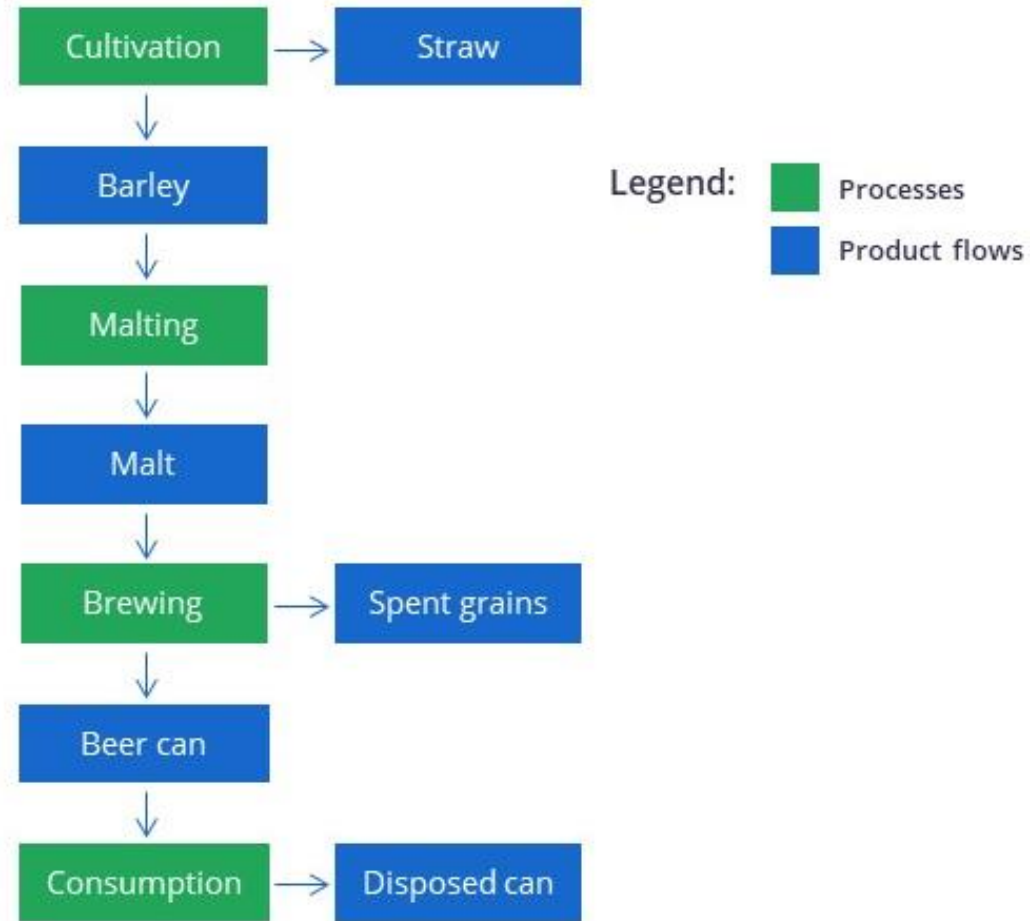
Enfoque atribucional

Sin asignar

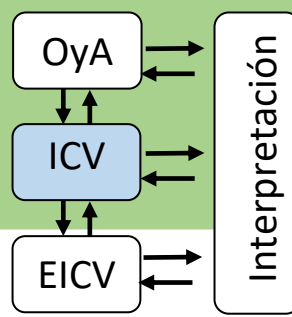
PROBLEMA:

REQUIERE
CLASIFICACION
(residuos, material
reciclable o
coproductos) y
ASIGNACIÓN

Ejemplo: cerveza



ASIGNACIÓN: PROCESOS MULTIFUNCIONALES



Enfoque atribucional

ASIGNACIÓN FISICA

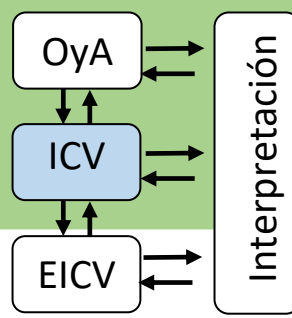
(masa, volumen,
contenido de exergía,
contenido de energía y
entrada de energía
asociada con cada
coproducto)

Ejemplo: cerveza

- Las **latas de cerveza** se transportan junto con otras bebidas. Se pueden dividir las cargas relacionadas con el transporte por el contenido de cada tipo de bebida en el camión. Esto tiene sentido porque el peso de las latas afecta directamente a las emisiones durante el transporte.

- Los **granos** usados son un subproducto de la elaboración de cerveza. Si se asignaran por masa, significaría que aproximadamente el 15% de la carga de la elaboración de cerveza se asigna a los granos gastados. Los ingresos para los cerveceros provenientes de este subproducto son casi insignificantes en comparación con los ingresos provenientes de la cerveza, por lo que asignar una parte tan grande de la carga a los granos usados le daría una ventaja injusta a la impacto ambiental de la cerveza

ASIGNACIÓN: PROCESOS MULTIFUNCIONALES



Enfoque atribucional

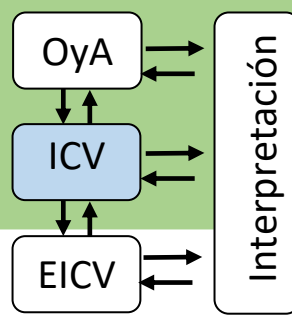
Ejemplo: cerveza

ASIGNACIÓN ECONÓMICA

Ejemplos donde sería recomendable este tipo de asignación:

- Cultivo que implica subproductos (por ejemplo, en el ejemplo anterior con granos usados y cerveza)
- Sacrificio de animales y sus coproductos (por ejemplo, lana, carne y pieles de la cría de ovejas)
- Minería de materiales valiosos (por ejemplo, minería de oro pero extracción simultánea de grandes cantidades de materiales de menor valor)

ASIGNACIÓN: PROCESOS MULTIFUNCIONALES



Enfoque atribucional

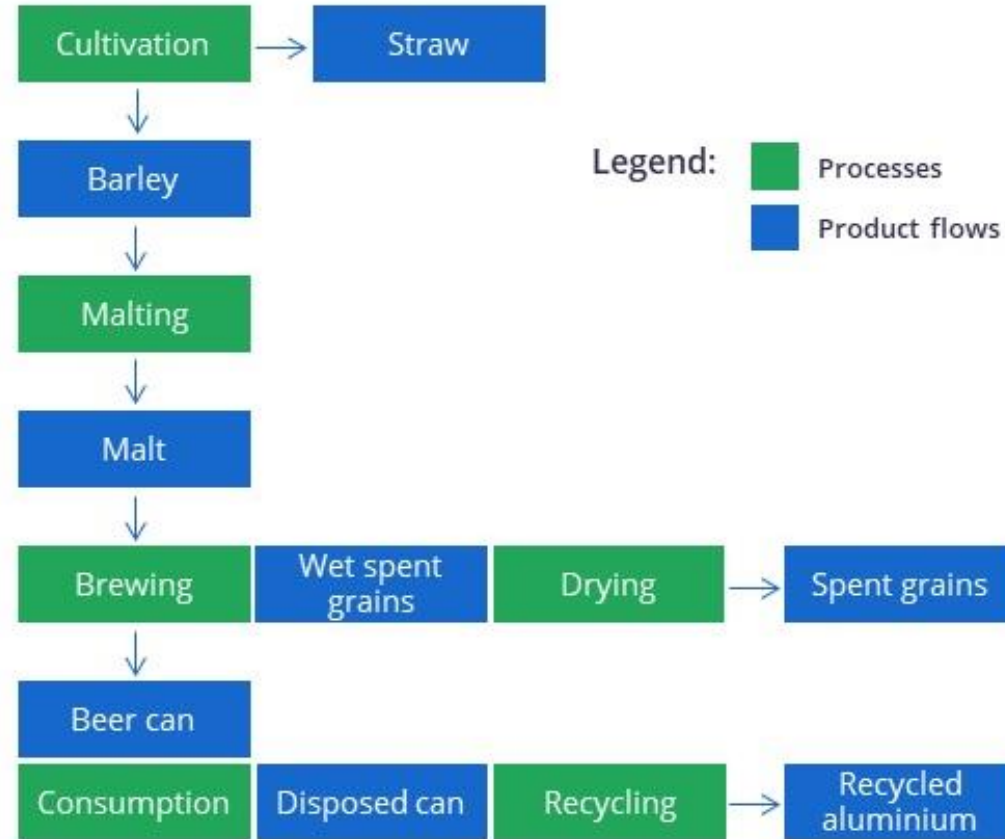
**ASIGNACIÓN EN EL
PUNTO DE
SUSTITUCIÓN (APOS)**

PROBLEMA

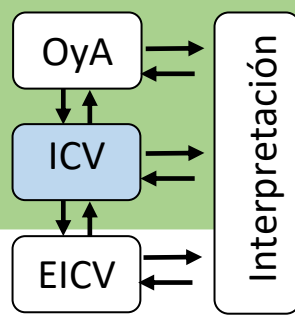
Complejo

Puede dar resultados sin
sentido

Ejemplo: cerveza



ASIGNACIÓN: PROCESOS MULTIFUNCIONALES



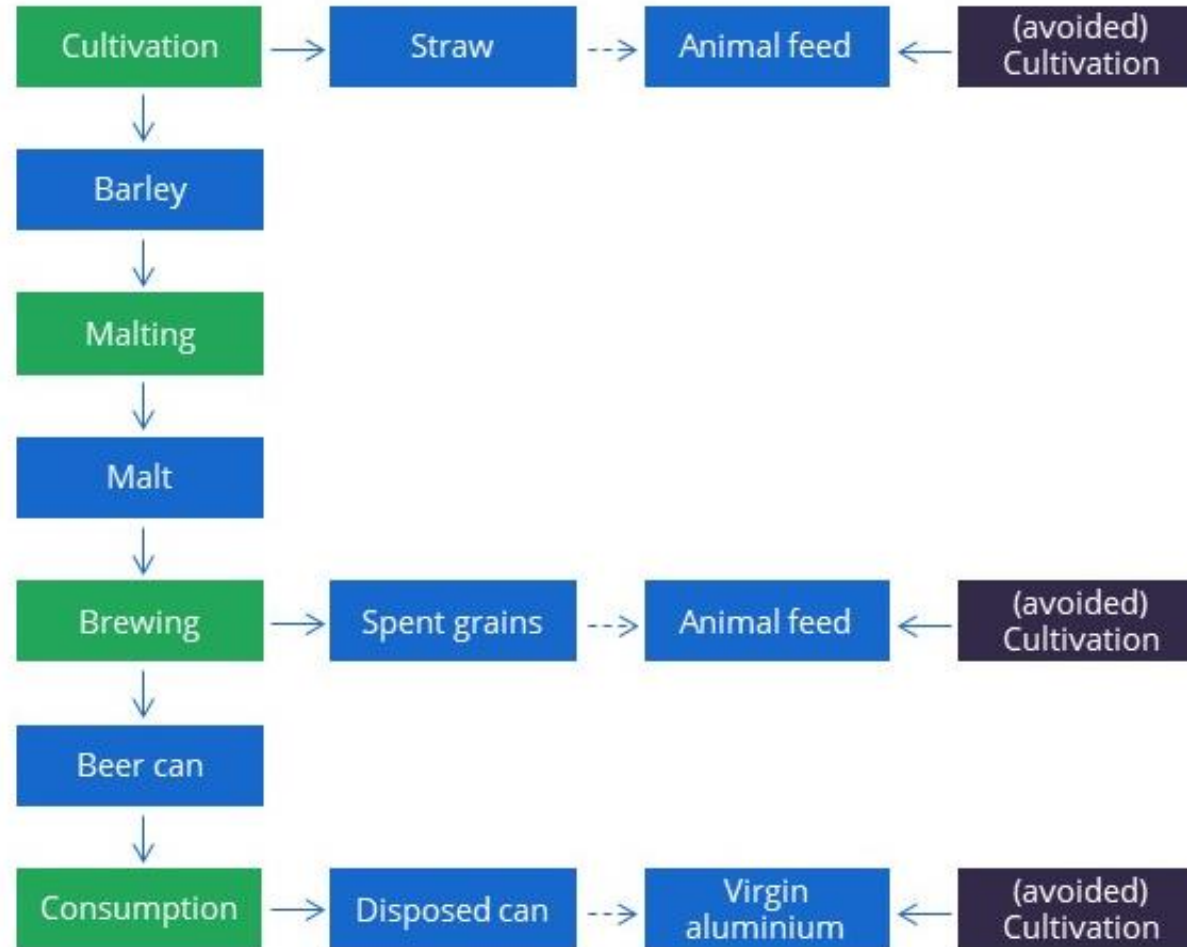
Enfoque consecucional

(enfoque de sustitución, expansión del sistema o evitación de la asignación).

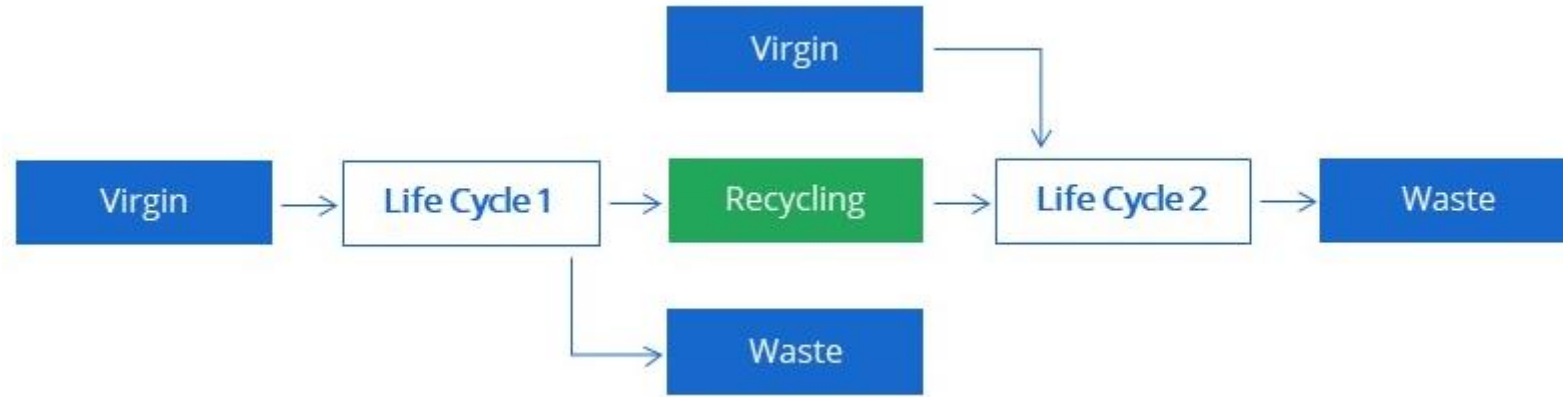
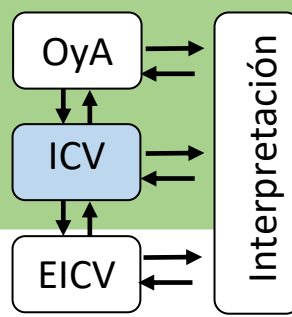
PROBLEMA:

Suposiciones de calidad

Ejemplo: cerveza



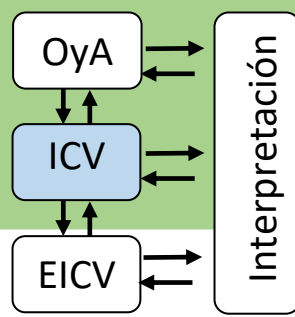
ASIGNACIÓN: FIN DE VIDA O RECICLAJE



Enfoques más comunes para la asignación al final de la vida:

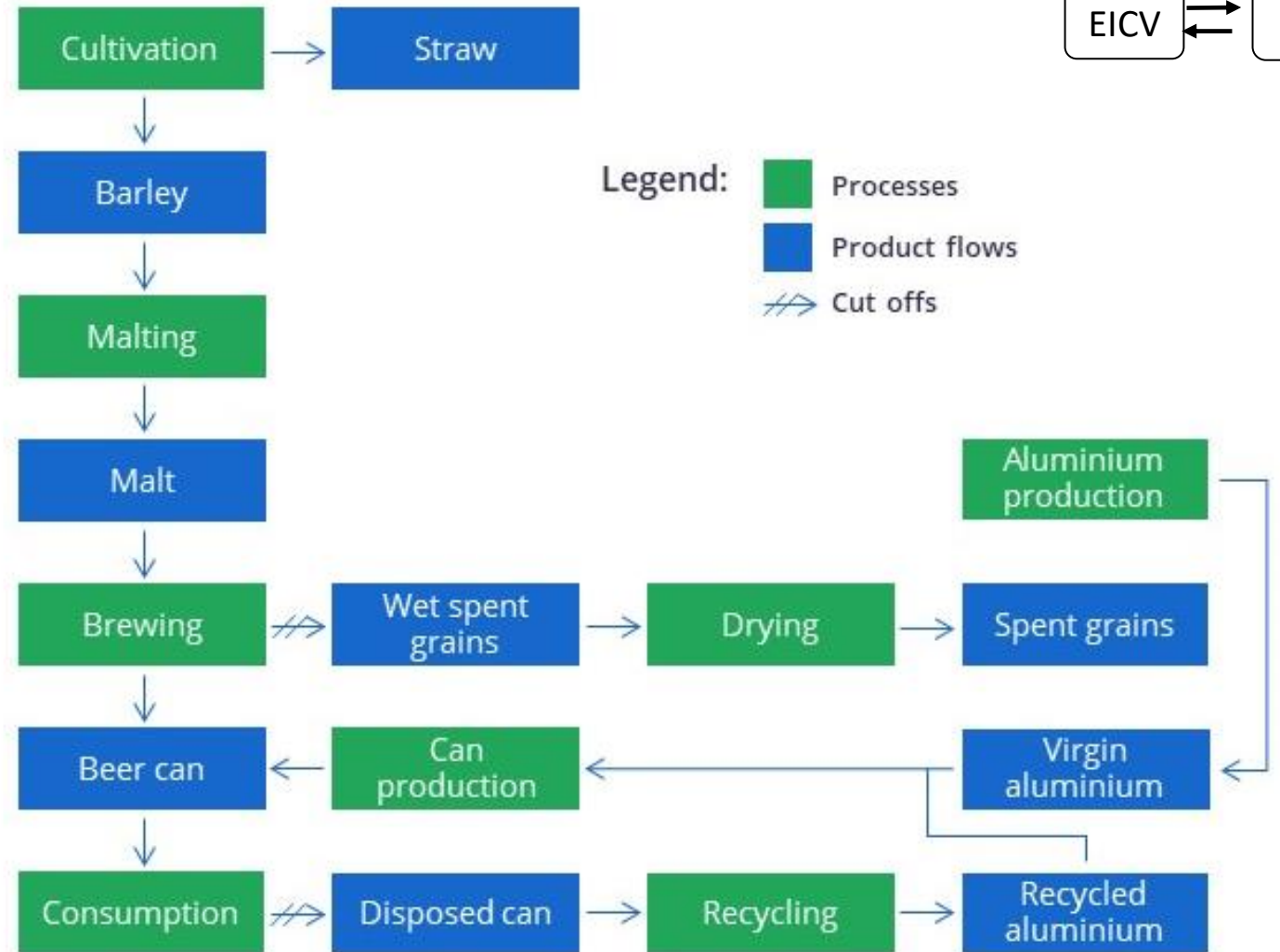
- Contenido reciclado o enfoque de corte (CUT OFF)
- Escenarios de circuito cerrado
- Fórmula de la Huella Circular (FHC)

ASIGNACIÓN: FIN DE VIDA O RECICLAJE

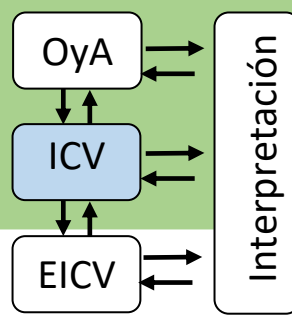


Contenido reciclado o enfoque de corte (CUT OFF)

Asigna cargas en el punto en el que se vende un producto y aplica un corte en el punto en el que el material reciclable sale del sistema del producto.



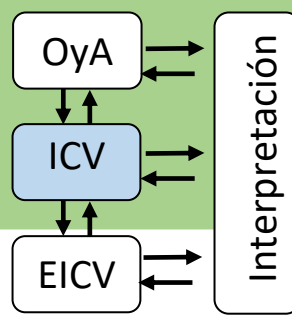
ASIGNACIÓN: FIN DE VIDA O RECICLAJE



La **Fórmula de la Huella Circular** (CFF, por sus siglas en inglés) es un método publicado por la Comisión Europea en sus metodologías PEF y OEF, que pretende integrar aspectos de diferentes enfoques de asignación al final de la vida útil, en combinación con **características específicas de los materiales y del mercado** (como la degradación de los materiales y las tasas de reciclaje específicas de cada país).

La fórmula divide los beneficios y las cargas del reciclaje (recuperación de materiales) entre el productor que utiliza material de entrada reciclado y el productor del producto que se recicló. Esto significa que cuando se utiliza material reciclado, una cierta cantidad de los beneficios y las cargas del proceso de reciclaje se atribuye al producto que utiliza este contenido reciclado. De manera similar, cuando se elimina material, una parte de los beneficios y las cargas de los procesos de reciclaje y recuperación de energía también se atribuyen al producto. Cuando el material se elimina a través de vertederos o incineración sin recuperación de energía, las cargas se atribuyen únicamente al producto.

ASIGNACIÓN



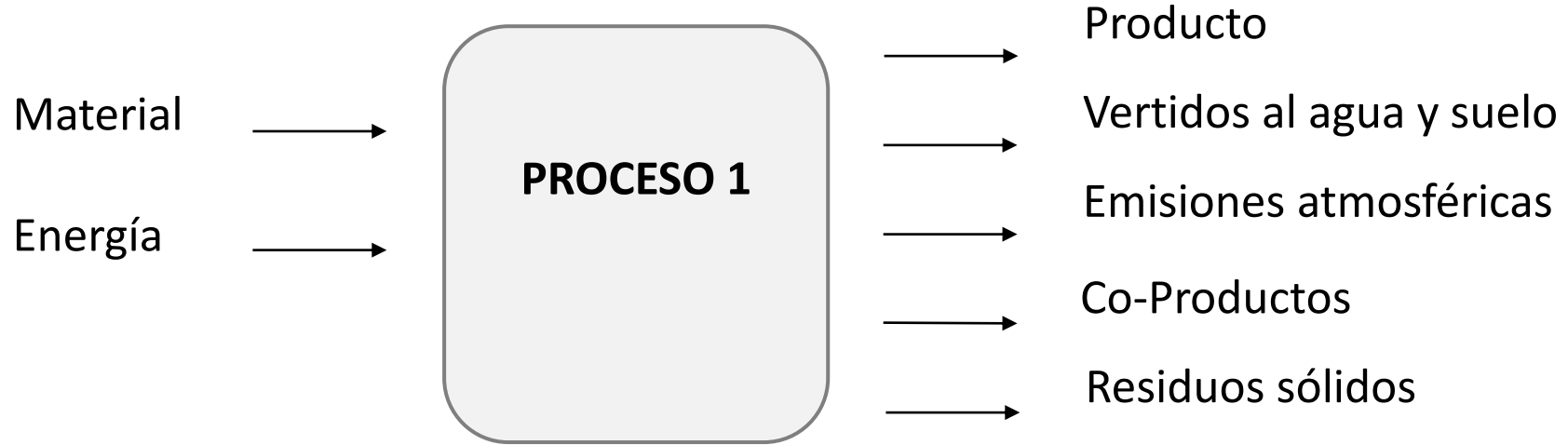
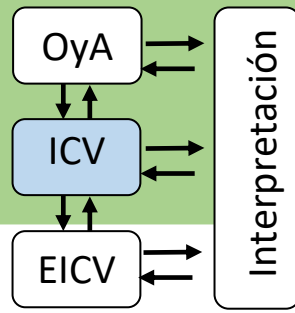
Existen diversos métodos y no hay consenso sobre cuál aplicar en cada caso.

Todos tienen beneficios y limitaciones.

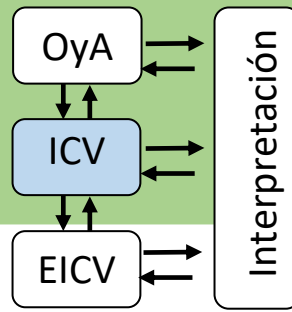
Es recomendable analizar en detalle cada caso para saber qué utilizar.

CONSULTAS??

ELEMENTO DEL INVENTARIO



EJEMPLO DE INVENTARIO

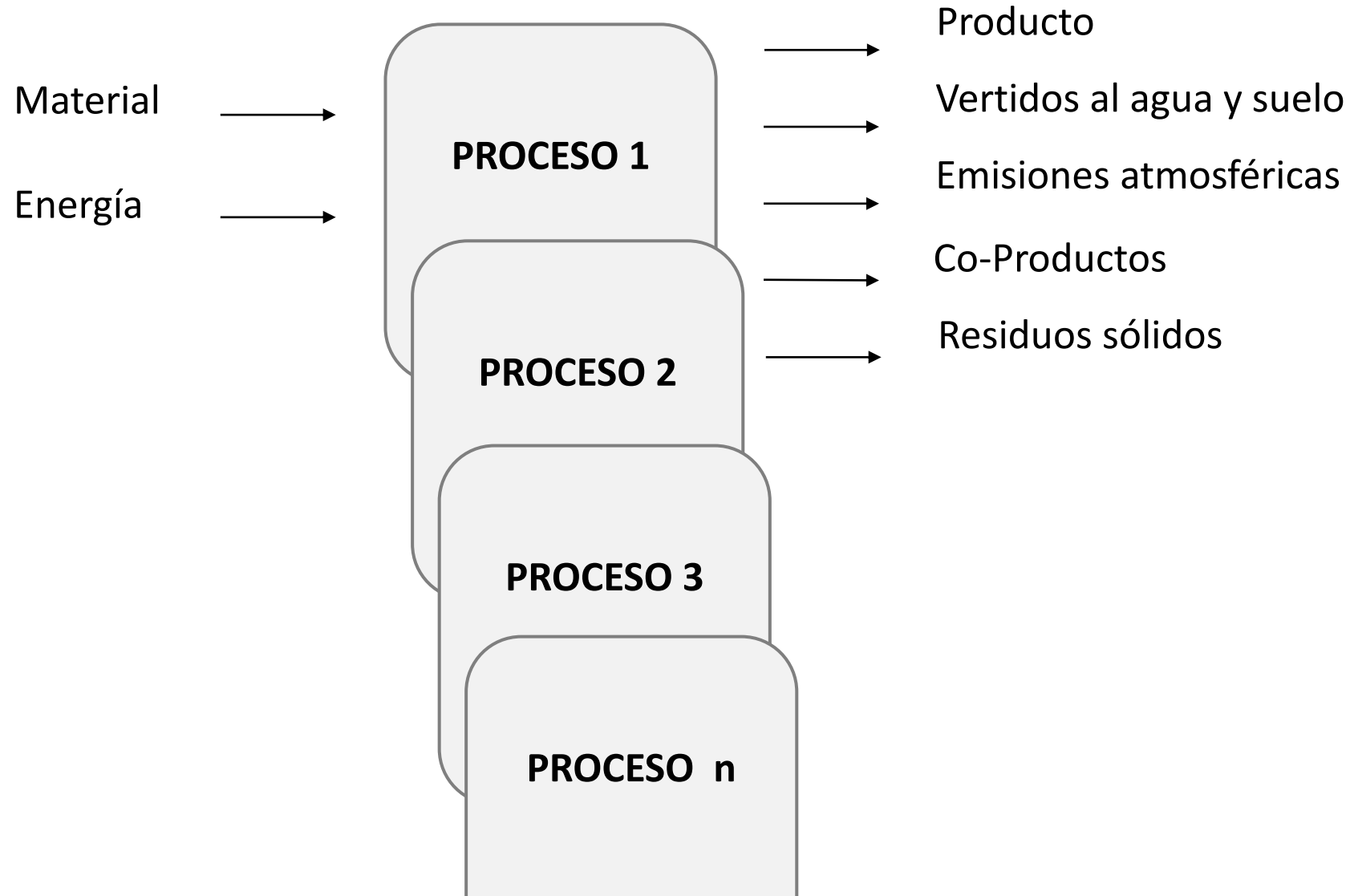
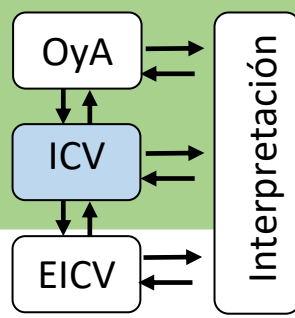


Resultados del inventario

Ejemplo: ICV de combustión 1 kg de gas oil

Acetaldehyde	3.828E-05	Formaldehyde	7.0362E-05
Acrolein	1.4826E-05	Heptane	2.5129E-06
Ammonia	2.7437E-05	Lead	5.21E-08
Arsenic	1E-10	Mercury	5.3E-09
Benzaldehyde	1.1476E-05	Methane, fossil	2.0598E-05
Benzene	5.8635E-07	m-Xylene	8.2089E-06
Butane	1.2565E-06	Nickel	8.8E-09
Cadmium	8.7E-09	Nitrogen oxides	0.02257611
Carbon dioxide, fossil	3.1760044	NM VOC	0.00068042
Carbon monoxide, fossil	0.00459472	o-Xylene	3.3506E-06
Chromium	3E-08	PAH	7.82E-08
Chromium VI	6E-11	Particulates, < 2.5 um	0.00042837
Copper	2.12E-08	Pentane	5.0259E-07
Dinitrogen monoxide	2.0025E-05	Propane	8.3765E-07
Ethane	2.5129E-07	Selenium	1E-10
Toluene	8.3765E-08	Styrene	4.6908E-06
Zinc	1.738E-06	Sulfur dioxide	1.5969E-05

ELEMENTO DEL INVENTARIO



EJEMPLO DE INVENTARIO Y ASIGNACIÓN

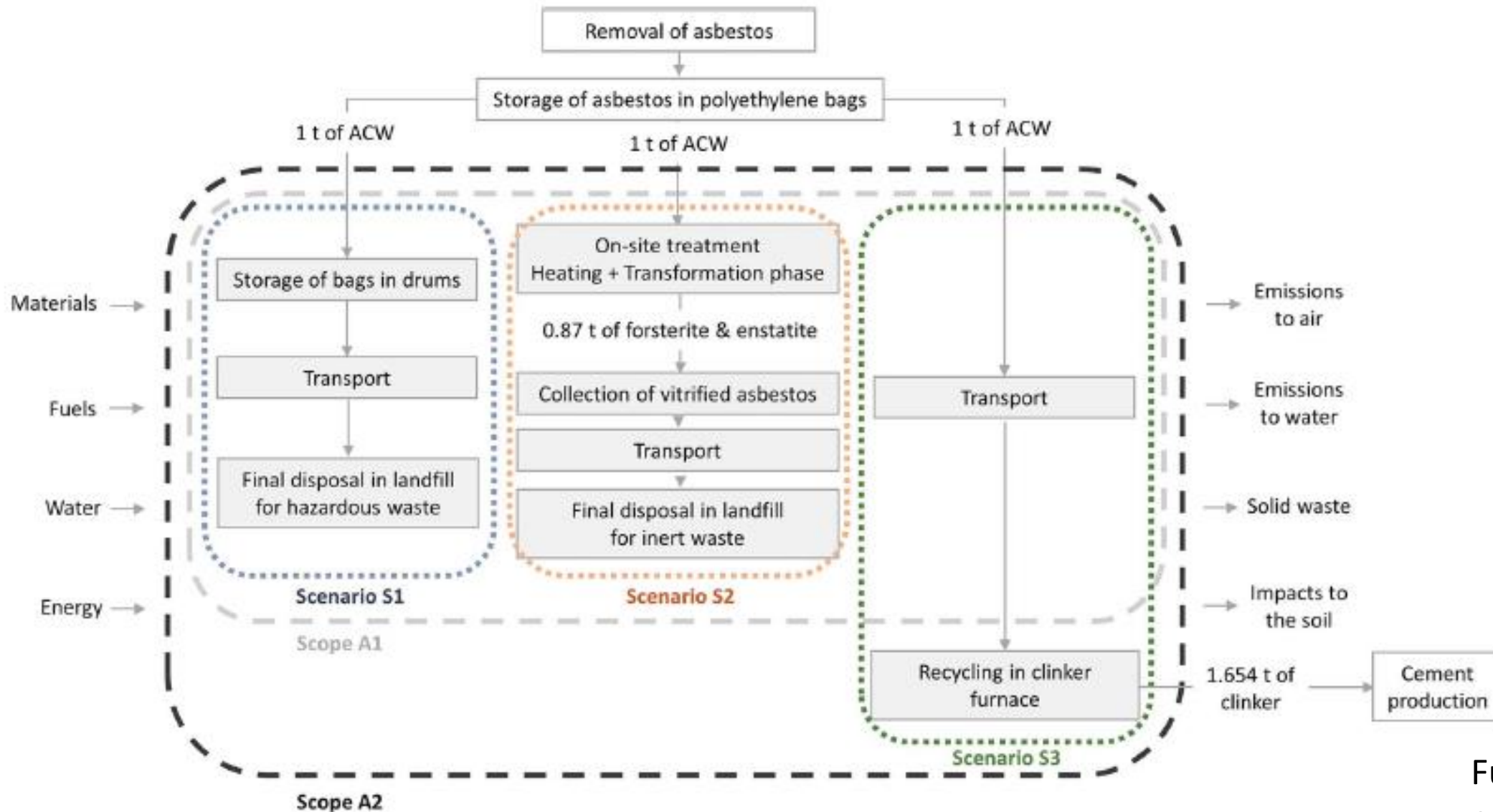
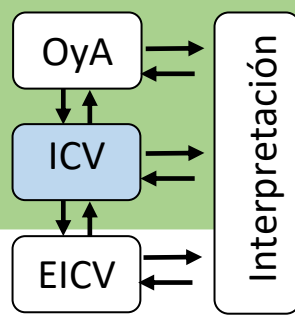


Fig. 1. System boundaries and scope of LCA for the scenarios under study.

Fuente: Mercante et al. (2021)

EJEMPLO DE INVENTARIO

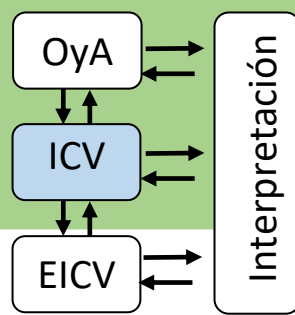
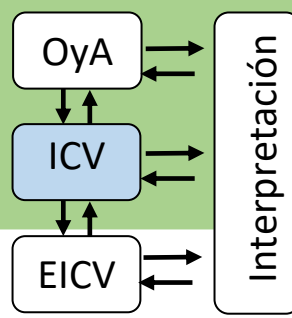


Table 1. Life cycle inventory

Stage	Input/output	Unit	Scenario	Scenario	Scenario
			1	2	3
Transport	Diesel	L	29.63	1.98	2.46
Treatment	Sand (avoided)	T	—	—	0.43
	Diesel (avoided)	L	—	—	0.1634
	Electricity	kW · h	—	234	—
Landfill disposal	Diesel	L	0.28	0.2436	—

Fuente: Mercante et al. (2021)

RESULTADOS DEL INVENTARIO



Se obtiene la **cuantificación** de las **entradas** de materiales y energía del ambiente; y de las **salidas** al ambiente, diferenciando entre emisiones atmosféricas, vertidos al agua y suelos, residuos sólidos y otros aspectos ambientales (ruido, radiactividad, etc.), para el sistema en su conjunto y/o para cada proceso unitario que lo compone.

CONSULTAS??

CONCLUSIONES



El ICV es una de las fases más importantes y que más recursos consumen dentro del ACV.

A su vez, la calidad de los datos utilizados en el ICV condicionan la calidad de los resultados.

Las decisiones tomadas y los datos utilizados para construir el ICV deben ser analizados cuidadosamente considerando en todo momento el objetivo y alcance del estudio para lograr una correcta interpretación (carácter iterativo y dinámico).

BIBLIOGRAFÍA



Mercante, I; Ojeda J. P; Alejandrino, C. (2021) “Life cycle assessment of asbestos waste management scenarios: case study in Argentina”. J Hazard Toxic Radioact Waste.Vol 25, 4 DOI:10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000639

Manfredi, S., Allacker, K., Chomkham Sri, K., Pelletier, N., Souza, D.M. de, 2012. Product Environmental Footprint (PEF) Guide, European Commission (EC), Joint Research Centre (JRC) & Institute for Environment and Sustainability (IES).}

Weidema, B.P., 1998. Multi-user test of the data quality matrix for product life cycle inventory data. Int. J. Life Cycle Assess. <https://doi.org/10.1007/BF02979832>

Weidema, B.P., Bauer, C., Hischer, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., Vadenbo, C.O., Wernet, G., 2013. Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3., Ecoinvent Report 1 (v3).

Weidema, B.P., Wesnæs, M.S., 1996. Data quality management for life cycle inventories-an example of using data quality indicators. J. Clean. Prod. 4, 167–174. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(96\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(96)00043-1)

De Barba, D.J., De Oliveira Gomes, J., Bork, C.A.S., 2014. Reliability of the sustainability assessment, in: Procedia CIRP. Elsevier B.V., pp. 361–366. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.034>

Julie Clavreul, Dominique Guyonnet, Thomas H. Christensen, Quantifying uncertainty in LCA-modelling of waste management systems, Waste Management, Volume 32, Issue 12, 2012, Pages 2482-2495, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.008>.

¡MUCHAS GRACIAS!

clarisa.alejandrino@uncuyo.edu.ar

