

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

**GESTION AMBIENTAL. ANALISIS DEL CICLO
DE VIDA. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA
NC-ISO 14041 PARA LA DEFINICION DEL
OBJETIVO Y ALCANCE Y ANALISIS DEL
INVENTARIO
(ISO/TR 14049: 2000, IDT)**

Environmental management. Life cycle assessment. Examples of application of NC-ISO 14041 for the definition of goal and scope and inventory analysis

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

Esta norma:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización No. 3 Gestión Ambiental, integrado por especialistas de las siguientes entidades:

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	Unión de Empresas de Recuperación de Materia Prima
Oficina Nacional de Normalización	Ministerio de la Industria Básica
Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental	Ministerio de Salud Pública
Centro de Inspección y Control Ambiental	Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología
Centro Nacional de Envases y Embalajes	INTERMAR S.A.
Instituto de Investigaciones en Normalización	CIMEX S.A.
Oficina Nacional de Recursos Minerales	Ministerio de la Construcción
Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos	Registro Cubano de Buques
Ministerio de Economía y Planificación	Ministerio de la Industria Ligera
Ministerio de la Industria Pesquera	Unidad del Medio Ambiente de Ciudad de La Habana
Ministerio de la Industria Alimenticia	Instituto Finlay
Ministerio de la Industria Sideromecánica	Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Ministerio del Comercio Exterior	Oficina Territorial de Normalización de Ciudad de La Habana
Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción	Ministerio de Educación Superior
Ministerio de la Agricultura	Instituto de Planificación Física
Ministerio del Azúcar	CUPET S.A

- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la versión en inglés de *ISO/TR 14049:2000 Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis. First edition, 2000-03-15.*

Ó NC, 2001

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:

Oficina Nacional de Normalización (NC).

Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.

Impreso en Cuba

Indice

1	Objeto	1
2	Introducción técnica	1
3	Ejemplos de funciones de desarrollo, unidades funcionales y flujos de referencia	3
4	Ejemplos en distinción de funciones en sistemas comparativos	7
5	Ejemplos en el establecimiento de entradas y salidas de los procesos unitarios y límites del sistema	12
6	Ejemplos de evitación de asignaciones	22
7	Ejemplos de asignación	27
8	Ejemplo de la aplicación de procedimientos de asignación para reciclaje	31
9	Ejemplos sobre evaluación de la calidad de los datos	44
10	Ejemplos de ejecución de análisis de sensibilidad	49

Introducción

La marcada conciencia de la importancia de la protección ambiental, y de los posibles impactos relacionados con los productos manufacturados y consumidos, ha incrementado el interés en el desarrollo de métodos para comprender mejor y reducir estos impactos. Una de las técnicas que está siendo desarrollada para este propósito es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Para facilitar un enfoque más armónico, la ISO está desarrollando una familia de normas sobre el análisis del ciclo de vida (ACV), que incluye la norma NC-ISO 14040, la NC-ISO 14041, la NC-ISO 14042 y la NC-ISO 14043 y este documento. Estas normas describen principios para llevar a cabo e informar sobre estudios de ACV, con ciertos requisitos mínimos.

Este Informe Técnico proporciona información complementaria a la norma NC-ISO 14041 Gestión ambiental – Análisis del ciclo de vida – Definición del objetivo y alcance y análisis del inventario, basado en varios ejemplos sobre aspectos claves de la norma, para ampliar la comprensión de los requisitos de la norma.

Los requisitos metodológicos para llevar a cabo un ACV están especificados en los siguientes documentos, correspondientes a distintas etapas del ACV:

- NC-ISO 14040: Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Principios y estructura.
- NC-ISO 14041: Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Definición del objetivo y alcance y análisis del inventario.
- NC-ISO 14042: Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- NC-ISO 14043: Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Interpretación del ciclo de vida.

**GESTION AMBIENTAL. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA. EJEMPLOS DE APLICACION
DE LA NC-ISO 14041 PARA LA DEFINICION DEL OBJETIVO Y ALCANCE
Y ANALISIS DEL INVENTARIO**

1 Objeto

Este Informe Técnico proporciona ejemplos sobre prácticas de realización del análisis del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) como un medio para satisfacer ciertas disposiciones de la NC-ISO 14041. Estos ejemplos son sólo una muestra de los posibles casos sobre el cumplimiento de capítulos de la norma. Ellos deben ser considerados como una forma, que no es la única, de aplicación de la norma. Además, solo reflejan ciertas etapas de un estudio de ICV.

Debe notarse que los ejemplos presentados en esta norma no son exclusivos, y que existen otros muchos ejemplos para ilustrar los aspectos metodológicos descritos. Los ejemplos son sólo partes de un estudio completo del ICV.

2 Introducción técnica

En la Tabla 1 se muestran ejemplos sobre seis aspectos claves de la NC-ISO 14041.

En algunos aspectos claves hay más de un ejemplo. La razón de ello es que, en más de un caso, existe más de una práctica. La decisión sobre la aplicación de una u otra práctica depende del objetivo y puede variar, por ejemplo, a causa del sistema producto bajo investigación o en las etapas sobre el ciclo de vida. Los ejemplos se describen en el contexto de las disposiciones correspondientes de la norma y con su uso específico.

En la descripción de los distintos casos, siempre que ha sido posible, se ha adoptado la siguiente estructura:

Contexto de la norma

Panorama

Descripción de los ejemplos

Tabla 1 – Referencias cruzadas entre la NC-ISO 14041 y los ejemplos en este documento

NC-ISO 14041	Ejemplos en NC-ISO/TR 14049
0 Introducción 1 Alcance 2 Normas para consulta 3 Definición	
4 Componentes de un ICV 4.1 Generalidades 4.2 Sistema Producto 4.3 Proceso Unitario 4.4 Categorías de datos 4.5 Modelación de sistemas producto	
5 Definición del objetivo y el alcance 5.1 Generalidades 5.2 Objetivo del estudio 5.3 Alcance del estudio 5.3.1 Generalidades 5.3.2 Función, unidad funcional y flujo de referencia 5.3.3 Límites iniciales del sistema 5.3.4 Descripción de las categorías de datos 5.3.5 Criterios para la inclusión inicial de entradas y salidas 5.3.6 Requisitos de calidad de los datos 5.3.7 Revisión crítica	3 Ejemplos de funciones de desarrollo, unidades funcionales y flujos de referencia 4 Ejemplos de funciones distintivas de sistemas de comparadores 6 Ejemplos de establecimiento de entradas, salidas y límites del proceso unitario 10 Ejemplos de realización de análisis de sensibilidad 9 Ejemplos de realización de evaluación de la calidad de los datos
6 Análisis de inventario 6.1 Generalidades 6.2 Preparación para la recolección de datos 6.3 Recolección de datos 6.4 Procedimientos de cálculo 6.4.1 Generalidades 6.4.2 Validación de los datos 6.4.3 Datos relativos al proceso unitario 6.4.4 Datos relativos a la unidad funcional y la agregación de datos 6.4.5 Refinación de los límites del sistema 6.5 Asignación de flujos y emisiones 6.5.1 Generalidades 6.5.2 Principios de asignación 6.5.3 Procedimientos de asignación 6.5.4 Procedimientos de asignación para reuso y reciclaje	9 Ejemplos de realización de evaluación de la calidad de los datos 9 Ejemplos de realización de evaluación de la calidad de los datos 3 Ejemplos de funciones de desarrollo, unidades funcionales y flujos de referencia 10 Ejemplos de realización de análisis de sensibilidad 6 Ejemplos de evitar las asignaciones 6 Ejemplos de evitar las asignaciones 7 Ejemplos de aplicación de las asignaciones 8 Ejemplos de aplicación de los procedimientos de asignación para reciclaje
7 Limitaciones del ICV (interpretación de los resultados del ACV)	9 Ejemplos de conducción de la evaluación de calidad de los datos 10 Ejemplos de realización de análisis de sensibilidad
8 Informe del estudio	
ANEXOS	
A Ejemplo de una planilla para la recolección de datos B Ejemplos de diferentes procedimientos de asignación	

3 Ejemplos de funciones de desarrollo, unidades funcionales y flujos de referencia

3.1 Contexto de la norma

La norma NC-ISO 14041 establece en 5.3.2 que:

- Al definir el alcance de un estudio de ACV es necesario hacer una especificación clara de las funciones (características de desempeño) del producto.
- La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas. La unidad funcional debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio.
- Uno de los propósitos primarios de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizados los datos de entrada y salida. Por lo tanto, la unidad funcional debe ser claramente definida y medible.
- Cuando se defina la unidad funcional, es necesario cuantificar la cantidad de producto necesaria para cumplir la función. El resultado de esta cuantificación es el flujo de referencia.

y en 6.4.4 que:

- Sobre la base del diagrama de flujo y los límites del sistema, los procesos unitarios se interconectan para permitir cálculos sobre el sistema completo. Esto se realiza normalizando los flujos de todos los procesos unitarios en el sistema con respecto a la unidad funcional. El cálculo conduce, por regla general, a referir todos los datos de entrada y salida del sistema a la unidad funcional.

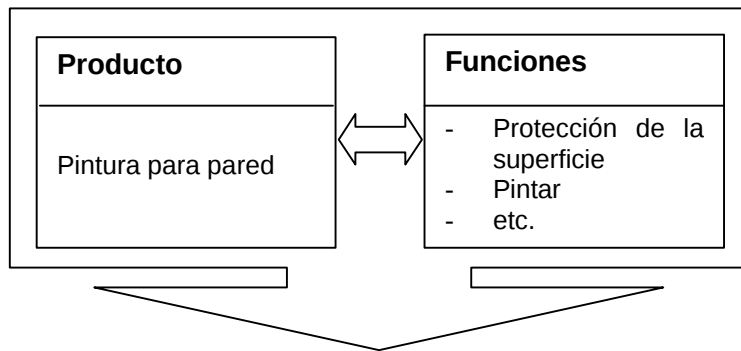
3.2 Panorama

En la definición de una unidad funcional y la determinación de los flujos de referencia, se pueden distinguir los siguientes pasos:

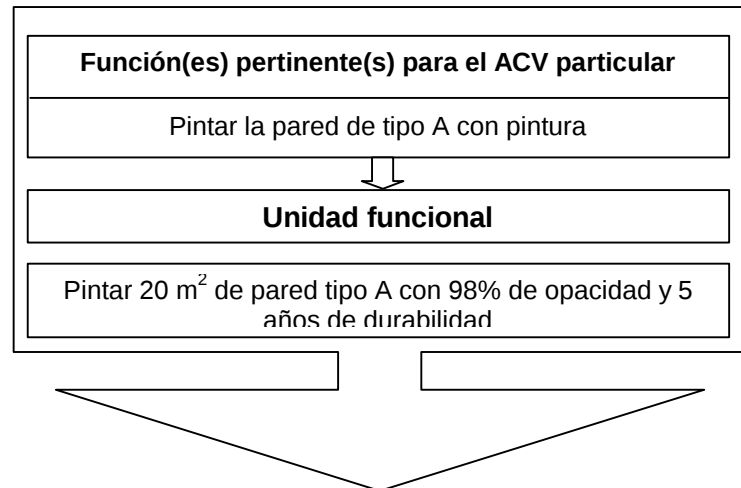
- identificación de funciones;
- selección de funciones y definición de la unidad funcional;
- identificación del desempeño del producto y la determinación del flujo de referencia.

La secuencia de estos pasos se presenta en la Figura 1, usando el ejemplo de la pintura. Este ejemplo es también usado en el texto siguiente (3.3 a 3.5). Más ejemplos se dan en 3.6.

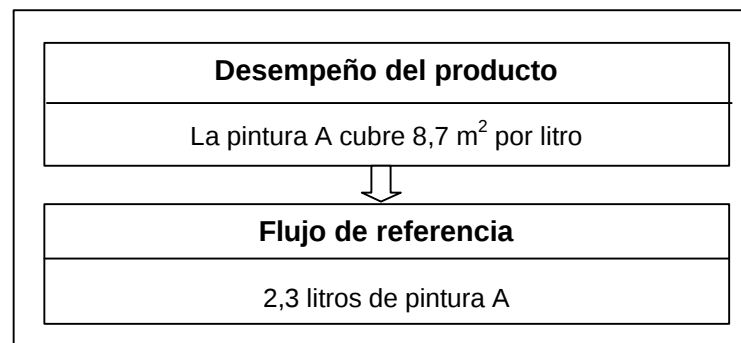
3.3 Identificación de funciones



3.4 Selección de funciones y definición de la unidad funcional



3.5 Identificación del desempeño del producto y determinación del flujo de referencia



NOTA: Es posible comenzar con el producto o con la propia función.

Figura 1 — Panorama de un ejemplo

3.3 Identificación de funciones

El propósito de la unidad funcional es el de cuantificar el servicio entregado por el sistema producto. El primer paso es entonces identificar el propósito servido por el sistema producto, es decir, su función o funciones.

El punto de partida para este procedimiento puede ser un producto específico a estudiar (por ejemplo, pintura para pared) o puede ser la necesidad o meta, que en algunos casos puede ser satisfecha por varios productos distintos (por ejemplo, decoración de la pared, que puede ser satisfecha tanto con pintura como con papel de pared o una combinación de ambos).

Las funciones están típicamente relacionadas con el producto específico o propiedades de los procesos, cada uno de los cuales puede:

- satisfacer necesidades específicas y de este modo tener valor de uso, lo que típicamente crea un valor económico al suministrador del producto,
- afectar el funcionamiento de otros sistemas económicos (por ejemplo, el papel de pared puede tener un - pequeño - efecto aislante, afectando entonces el requisito térmico del edificio).

3.4 Selección de funciones y definición de la unidad funcional

No todas las funciones pueden resultar significativas para un ACV en particular. Entonces, de todas las funciones posibles, las pertinentes deben ser identificadas.

Por ejemplo, para una pared interior sólida, puede ser innecesaria la protección de la superficie, mientras que la coloración es una función pertinente de la pintura.

Subsecuentemente, las funciones pertinentes se cuantifican en la unidad funcional, que puede expresarse como una combinación de diferentes parámetros.

Para la pintar la pared, la unidad funcional tendrá que especificar típicamente el área a cubrir (por ejemplo, 20 m²), el tipo de pared (especialmente en lo que respecta a su absorción y propiedades astringentes), la capacidad de la pintura de encubrir los defectos de la superficie (por ejemplo, 98 % de opacidad), y su vida útil (por ejemplo, 5 años).

En el caso de unidades multifuncionales, las diferentes cantidades se encuentran en ocasiones interrelacionadas, por ejemplo, un material aislante puede ser útil en una superficie pre-pintada y, en este caso, la coloración es innecesaria ya que este material proporciona tanto aislamiento como coloración. Por lo que la unidad funcional puede ser definida:

"20 m² de pared cubierta para una resistencia térmica de 2 m·K/W, con una superficie coloreada de 98% de opacidad, sin requerir otro tipo de coloreado por 5 años".

En la Tabla 2 se dan otros ejemplos de unidades multifuncionales.

Tabla 2 — Ejemplos de unidades funcionales para sistemas con funciones múltiples

Ejemplo N°	(1)	(2)
Sistema	Reciclaje de papel	Cogeneración
Funciones	- Recuperación de residuos de papel, y - Producción de pulpa decolorada - etc.	- Generación de energía eléctrica, y - Producción de vapor - etc.
Función elegida para un ACV en particular	- Recuperación de residuos de papel, y - Producción de pulpa decolorada	- Generación de energía eléctrica, y - Producción de vapor
Unidad funcional	- Recuperación de 1 000 kg de residuos de papel, o - Producción de 1 000 kg de pulpa para papel periódico	- Generación de 100 MW, o - Producción de 300 000 kg de vapor por hora a 125 °C y 0,3 MPa (3 bar)

4 Ejemplos en distinción de funciones en sistemas comparativos

4.1 Contexto de la norma

La norma NC-ISO 14041 establece en 5.3.2 que:

- Sobre la base de los flujos de referencia se efectúan las comparaciones entre sistemas para una misma función cuantificada por la misma unidad funcional.
- Si las funciones adicionales de cualquiera de los sistemas no son tomadas en cuenta en la comparación de las unidades funcionales, estas omisiones deben ser documentadas. Por ejemplo, los sistemas A y B desempeñan las funciones x e y, las cuales están representadas por la unidad funcional seleccionada, pero el sistema A también desempeña la función z, la cual no está representada en la unidad funcional. Debe documentarse entonces que la función z no está representada en la unidad funcional. Como una alternativa, los sistemas asociados con la ejecución de la función z pueden ser añadidos dentro de los límites del sistema B para hacer que los sistemas sean más comparables. En estos casos, se deben documentar y justificar los procesos seleccionados.

4.2 Panorama

Cuando se comparan sistemas producto, se debe prestar especial atención para confirmar que la comparación está basada en la misma unidad funcional y en consideraciones metodológicas equivalentes, como el desempeño, los límites del sistema, la calidad de los datos, los procedimientos

de asignación, las reglas de decisión sobre la evaluación de entradas y salidas. En este capítulo, se describirán e ilustrarán con ejemplos algunos enfoques posibles.

En la Figura 2 se ilustran los pasos generales que se incluyen en estudios comparativos.

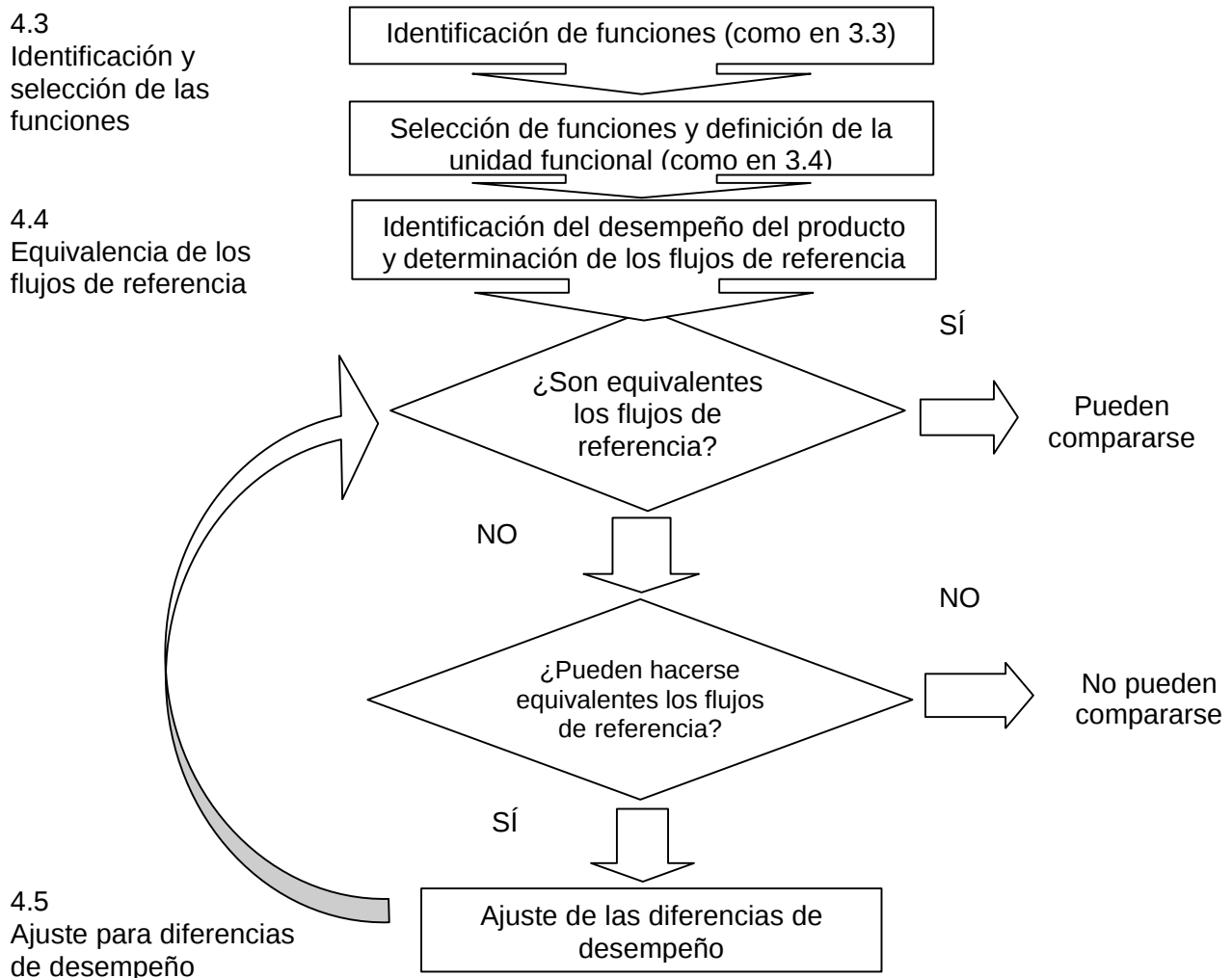


Figura 2 — Panorama de los pasos en estudios comparativos

4.3 Identificación y selección de las funciones

La definición de la unidad funcional está estrechamente vinculada con el objetivo del estudio. Si el objetivo es comparar sistemas producto, se debe poner especial cuidado en asegurar que la comparación sea válida, que se identifique y describa cualquier función adicional, y que se tomen en cuenta todas las funciones pertinentes.

Ejemplo 1: Un estudio sobre gestión de residuos debería incluir otras funciones y no solo la simple disposición de residuos (es decir, las funciones llevadas a cabo en los sistemas de reciclaje que proporcionan material reciclado o energía).

Ejemplo 2: Un estudio sobre equipos electrodomésticos debería incluir la entrega de calor disipado al edificio en el cual opera los equipos, y la influencia de este calor en la cantidad de calefacción y/o refrigeración necesaria.

En estudios comparativos, la selección de las funciones resulta mucho más importante que en estudios no comparativos. Con referencia a las funciones en la Tabla 3:

- Para las botellas (ejemplo2), desechar la función de la imagen del envase puede conducir a comparar envases que son técnicamente similares (es decir, que contienen el mismo volumen de bebida), pero que el productor o el consumidor no aceptarán como comparables.
- Para los sistemas de secado de las manos (ejemplo3), desechar la función higiénica puede considerarse como inaceptable, por ejemplo, en la industria alimenticia, donde la capacidad como tal de las toallas de papel de eliminar las bacterias puede considerarse una ventaja que no siempre puede tenerse en cuenta en una comparación con los sistemas eléctricos para el secado de las manos.

4.4 Equivalencia de flujos de referencia

La unidad funcional del ejemplo de la pintura del capítulo 3 era "pintar 20 m² de pared tipo A con una opacidad del 98% y una durabilidad de 5 años". Esta unidad funcional puede alimentarse por distintas funciones de referencia:

2,3 L de pintura A,

1,9 L de pintura B,

1,7 L de pintura C, etc.

Estos flujos de referencia serán calculados sobre la base de un ensayo usando condiciones normalizadas, con relación a, por ejemplo, tipo de superficie y opacidad.

Las condiciones de ensayo normalizadas y los métodos de medición deben ser apropiados para la comparación deseada: En el ejemplo de los secadores de manos (ejemplo 3 de la Tabla 3), puede no ser pertinente el uso de un ensayo normalizado basado en las propiedades técnicas del papel, como el gramaje, el poder de absorción y resistencia a la tracción, si el peso real del papel utilizado depende del diseño del dispensador. Una medida más apropiada podría ser entonces, los datos recolectados mediante el pesaje del papel al principio y al final de un período adecuado, en el cual el número de manos secadas se determine por supervisión electrónica en las vasijas de lavado existentes en instituciones pertinentes. De forma similar, las especificaciones técnicas de un secador de manos eléctrico, como por ejemplo el volumen de aire y su temperatura, pueden ser inadecuados como base para el cálculo de la función de referencia, si el tiempo real de funcionamiento del dispositivo se fija por otros factores, por ejemplo, un cronómetro construido en su interior. Entonces, todo lo que se necesita es el tiempo de funcionamiento y la capacidad eléctrica del equipo.

En el caso del bombillo (ejemplo 1 de la Tabla 3), la unidad funcional de "300 lx en 50 000 horas" puede ser proporcionada mediante:

- 3 bombillos de 100 lx, con una vida útil de 10 000 horas, 5 veces, o
- 2 bombillos de 150 lx, con una vida útil de 5 000 horas, 10 veces.

Las premisas destacadas para la comparación de los 3 bombillos de 100 lx con los 2 bombillos de 150 lx son:

- que el espectro lumínico de los dos tipos de bombillos sean comparables (o que la diferencia entre ambos sea aceptable para el usuario)
- que los 3 y 2 bombillos, respectivamente, puedan situarse de modo que la distribución de luz sea igual (o que la diferencia sea aceptable para el usuario),
- que los zócalos y otros accesorios no se afecten por la selección (en cuyo caso, éstos deberían ser incluidos en la comparación).

Debe tenerse en cuenta que las dos bombillos fueron considerados como comparables a pesar de la diferencia en la vida útil de ambos. Esta diferencia simplemente se toma en el cálculo del flujo de referencia. Sin embargo, para productos de larga vida útil, como refrigeradores con vidas útiles de 10 ó 20 años, el desarrollo tecnológico puede ser un factor que no debe dejar de ser considerado. Un refrigerador con una vida útil de 20 años no puede ser simplemente comparado con dos refrigeradores de 10 años de vida útil, en forma sucesiva. Los refrigeradores disponibles dentro de 10 años, seguramente serán energéticamente más eficientes (es decir, menos entrada de energía por unidad funcional) que los actuales, la eficiencia energética del segundo refrigerador de la opción 10 + 10 debe determinarse mediante una proyección de tendencia, mientras que la eficiencia energética de la opción de 20 años es fija.

Las 100 000 botellas no retornables de 0,5 L de volumen (ejemplo 2 en la Tabla 3) pueden cumplir técnicamente la misma función de protección de 50 000 L de bebida, que 12 500 botellas retornables de 0,4 L de volumen, con una tasa de reutilización del 90%. Sin embargo, en algunas situaciones el cliente puede no siempre estar capacitado para distinguir entre botellas de distintos volúmenes o masas. Si el cliente considera una botella igual a otra, el consumo total de bebida decrecerá cuando las botellas retornables sean introducidas. En este caso, el envase no puede estudiarse independientemente de su contenido. Este es un ejemplo de la flecha "No" saliendo de la derecha en la Figura 2. Por supuesto, el objetivo del estudio puede entonces redefinirse, permitiendo una comparación de bebida más envase, tomando en cuenta los cambios en el consumo.

Otro ejemplo de funciones no comparables (la flecha "No" de la derecha, en la Figura 2), es el de dos neveras, una con la opción de congelación rápida, y otro sin esa opción. Si la opción de congelación rápida es considerada como una función esencial por el cliente, las dos neveras son simplemente no comparables y ellas no pueden hacerse comparables por ningún cálculo o expansión del sistema. Lo mismo es cierto para los ejemplos que se dan al final de 4.3.

En algunos sistemas con funciones múltiples, tales como los de la Tabla 2, las funciones pueden separarse y entregarse por varios sistemas:

- La disposición de residuos de papel en una planta de incineración y la producción de pulpa a partir de fibras vírgenes puede proporcionar la misma unidad funcional que el sistema de reciclaje de papel.
- Unidades separadas de generación de electricidad y calor de una región, que producen respectivamente sólo calor y sólo electricidad, podrían proporcionar la misma unidad funcional que la planta de co-generación.

Sin embargo, algunas funciones pueden estar tan íntimamente vinculadas, que no es posible la separación. Por ejemplo, la generación de calor de un bombillo no puede separarse de su función primaria.

En otras situaciones, la separación de dos funciones vinculadas puede ser técnicamente posible, pero debido a otros aspectos, las dos funciones separadas pueden aún no ser consideradas como comparables para las funciones unidas. Un ejemplo de esto es el sistema combinado nevera-refrigerador, el cual puede o no compararse con una nevera y un refrigerador separados, en dependencia de la aceptabilidad de esta selección por parte del cliente (la última opción normalmente requerirá de un espacio mayor que la opción combinada con los mismos volúmenes internos).

Nótese que en la mayoría de los ejemplos anteriores, la equivalencia de dos productos está determinada por la aceptación del usuario. Esta aceptación, y aunque los dos productos sean considerados como comparables o no, puede estar influenciada por el precio de las alternativas y por la información adicional entregada con los productos, por ejemplo, información sobre su desempeño ambiental. Por consiguiente, para los propósitos del desarrollo de productos o la gestión estratégica, puede ser razonable comparar dos productos que no se consideren como equivalentes en forma inmediata, pero donde esto se asuma ellos serán considerados como equivalentes bajo condiciones específicas de precio e información.

4.5 Ajustes para diferencias de desempeño

En los casos donde los flujos de referencia son inmediatamente equivalentes (como en el ejemplo de la pintura en el principio del apartado 4.4) no es necesario ningún ajuste, mientras que en otros casos si lo es.

El procedimiento de ajuste sigue los mismos principios que para la asignación de co-producto, por ejemplo, la opción más elegida es la modificación de los límites del sistema para evitar la diferencia de desempeño. En algunos casos, cuando esta modificación no es posible o viable, se puede aplicar la asignación. En esta sección se brindan ejemplos de ambas opciones.

En el caso del bombillo en el apartado 4.4, podría ser necesario ajustar uno de los sistemas a ser comparado (expandiéndolo con un porta lámparas extra). Otro ejemplo, más radical, como una expansión del sistema o la reconsideración de las funciones en estudio, es el mencionado bajo el ejemplo de las botellas en 4.4, donde fue necesario incluir la bebida.

Una comparación de refrigeradores puede estar basada en su volumen externo y/o interno. La función primaria está relacionada, obviamente, con su volumen interno, pero el volumen externo puede ser una función determinante, si el refrigerador debe ser acomodado en una cocina preexistente.

Si se necesita que el volumen externo sea el mismo, el volumen interno puede diferir en función de posibles diferencias en el espesor del aislamiento. Esto solo puede ajustarse aceptando diferencias en el comportamiento del usuario (por ejemplo, compras más a menudo, almacenamiento de ciertos productos fuera del refrigerador, agregado de un refrigerador secundario en alguna otra parte de la casa). Cada uno de estos cambios en el comportamiento conllevará a cambios en distintos procesos, que deben entonces ser incluidos en el estudio. Si, por otra parte, se necesita que el volumen interno sea equivalente, un cambio en el espesor del aislamiento puede necesitar ajustes en el espacio circundante al refrigerador (los otros accesorios de la cocina). Y, si ambos volúmenes deben ser iguales no es posible ningún ajuste que pueda acomodar el cambio en el espesor del aislamiento. Esto muestra que la selección de las funciones necesarias también determina las alternativas posibles, las cuales pueden ser incluidas en el estudio.

El ajuste mediante la expansión del sistema, como en los ejemplos anteriores, no siempre es posible. Si se está estudiando solamente la función de enfriamiento o congelación de una nevera-refrigerador combinada (por ejemplo, para la inclusión en un ciclo de vida de un producto alimenticio, el cual es enfriado pero no congelado), no hay ajuste en el entorno que pueda ajustar el efecto de la combinación de las dos funciones. Por lo tanto, las entradas y salidas deben asignarse de alguna manera entre las dos funciones para la nevera-refrigerador combinada. Esto puede hacerse sobre la base de mediciones del requisito energético relativo para los dos compartimentos, también conocido como el volumen térmico ajustado, calculado como:

$$V_{aj} = V_C \times \frac{(t_r - t_c)}{(t_r - 5)}$$

donde V_C es el volumen del compartimento, t_r , la temperatura del recinto, t_c la temperatura del compartimento, y 5 °C es la temperatura de referencia.

Nótese que, si se analizan la nevera-refrigerador *como productos per se*, la posibilidad de comparación de las dos nevera-refrigerador con diferentes volúmenes de los dos compartimentos dependerá eventualmente del grado de sustitución de un producto por otro, a los ojos del consumidor. En ese caso, *no* es adecuado ajustar para las diferencias por coeficientes técnicos (por ejemplo, volumen térmico ajustado).

5 Ejemplos en el establecimiento de entradas y salidas de los procesos unitarios y límites del sistema

5.1 Contexto de la norma

La norma NC-ISO 14041 establece en 5.3.5 que:

- La identificación inicial se realiza típicamente utilizando los datos disponibles. Se recomienda identificar las entradas y salidas más completamente después de sean compilados los datos adicionales durante el curso del estudio, y después someterlas a un análisis de sensibilidad.
- Los criterios y las suposiciones sobre los cuales ellos están establecidos deben ser descritos claramente.

- Varios criterios son usados para decidir las entradas a estudiar, incluyendo: a) la masa, b) la energía, c) la pertinencia (relevancia) ambiental.
- a) **masa:** una decisión apropiada, cuando la masa se utiliza como criterio, debe requiere la inclusión de todas las entradas que acumuladas, contribuyen más que un porcentaje definido de las entradas de masa al sistema producto modelado.
- b) **energía:** similarmente, una decisión apropiada, cuando se utiliza la energía como criterio, debe requerir la inclusión en el estudio de aquellas entradas que acumulativamente contribuyan más que un porcentaje definido de las entradas de energía del sistema producto.
- c) **relevancia ambiental:** es conveniente que se tomen decisiones sobre criterios de relevancia ambiental para incluir entradas que contribuyan más que un porcentaje adicional definido de la cantidad estimada para cada categoría de datos individual del sistema producto.
- Es conveniente que todas las entradas seleccionadas identificadas por este proceso sean modeladas como flujos elementales.

5.2 Panorama

El objetivo de un estudio de ACV provee pautas para la selección de las categorías individuales de datos. La selección de las categorías de datos individuales puede incluir una lista contentiva de entradas y salidas o puede ser específica para las cuestiones particulares que el estudio está examinado.

Las categorías de datos del sistema se encuentran listadas en la definición del objetivo y el alcance. Los flujos de energía se encuentran incluidos habitualmente en un estudio de ACV desde que la información sobre estos flujos están disponibles y los flujos de energía tienen un efecto significativo sobre el uso de los recursos naturales y las emisiones.

Las decisiones concernientes a los flujos de materiales que son seleccionados para ser incluidos en el alcance de un estudio de ACV impactarán sobre los resultados. Es importante incluir todos los flujos de materiales significativos que puedan afectar la interpretación del estudio.

El proceso de seleccionar las entradas y salidas de materiales, y los límites del sistema están destacados en la Figura 3.

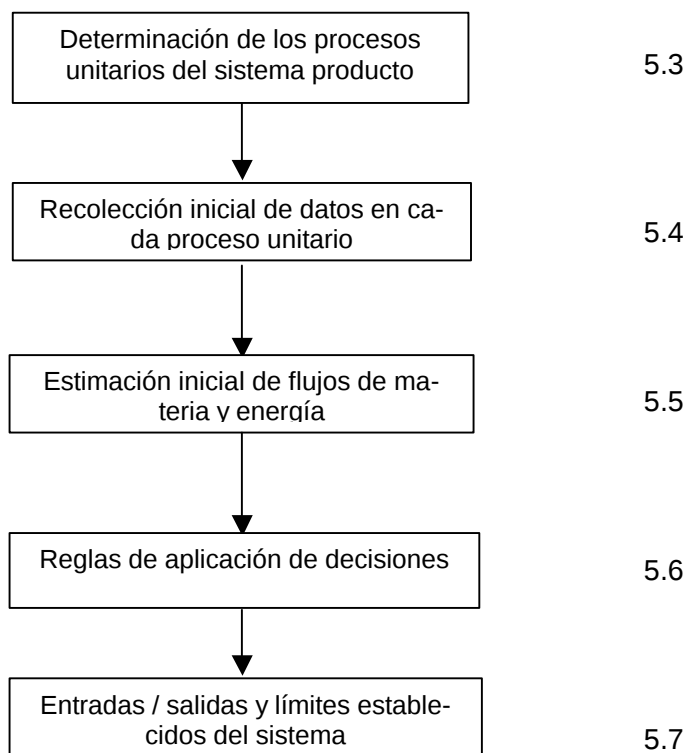


Figura 3 — Reseña del establecimiento de entradas, salidas y límites del sistema

5.3 Determinación de los procesos unitarios del sistema producto y sus límites

Es conveniente que los procesos unitarios que involucra un sistema producto sean compilados para la provisión del producto y las cadenas de uso, en forma coherente con el objetivo y el alcance del estudio. La Figura 4 muestra una descripción conceptual de un proceso unitario con sus entradas y salidas asociadas. Un ejemplo de un proceso unitario podría ser la "fusión reductora del aluminio", una parte del sistema producto para un producto de aluminio. Este proceso unitario transforma entradas de materias primas o intermedias (alúmina refinada), asociadas con materias auxiliares, descargas ambientales y energéticas relacionadas con un *producto intermedio* que será procesado más adelante, dentro del sistema producto. Con esta información, se podrían establecer procesos específicos que lleven a cabo las transformaciones. Posteriormente, se prepara un listado de sitios específicos de informe que son relevantes para el objetivo del estudio.

Con el objeto de establecer los límites del proceso unitario, los sitios dentro de la población de interés podrían ser contactados para determinar las porciones más pequeñas del sistema producto, para las cuales estén disponibles los datos. Debido a la existencia de variabilidad en el proceso específico que es llevado a cabo por un sitio particular, los límites del proceso unitario son establecidos desde el punto de vista de minimizar la necesidad de procedimientos de asignación.

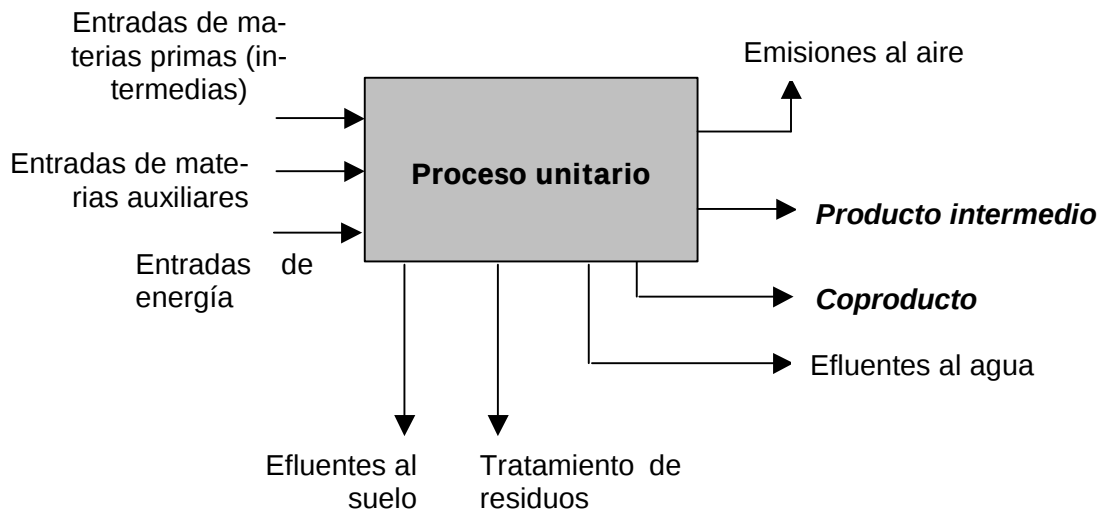
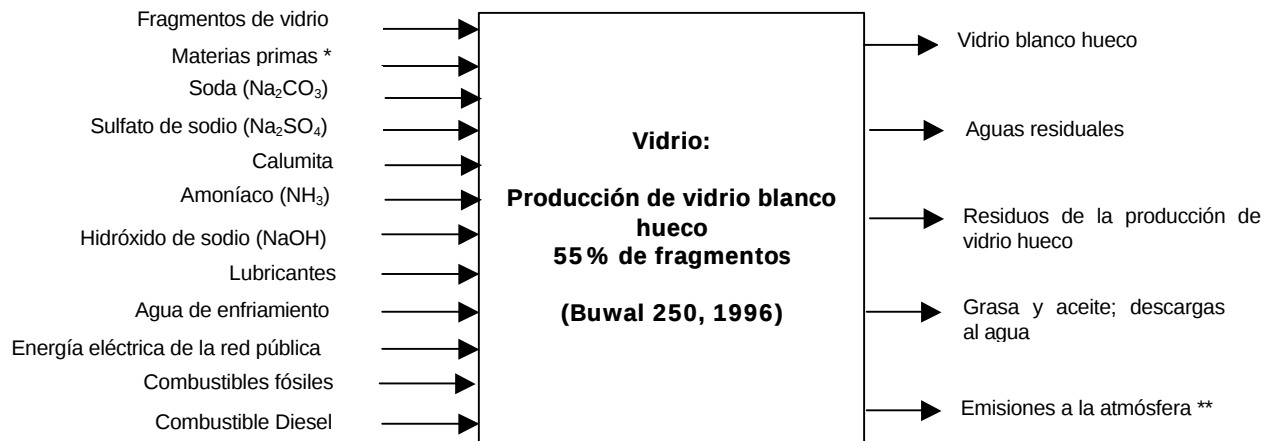


Figura 4 — Ejemplo conceptual de la descripción del proceso unitario

Otro ejemplo de la descripción del proceso unitario para vidrio blanco hueco, se muestra en la Figura 5 asociado con la lista de entradas y salidas.



* Materias primas:

- dolomita
- feldespato
- polvo de piedra caliza

** Emisiones a la atmósfera:

- amoníaco
- cloruro de hidrógeno
- fluoruro de hidrógeno
- dióxido de carbono
- monóxido de carbono
- dióxido de azufre
- óxido nítrico
- plomo
- polvo

Módulo: Vidrio: producción de vidrio blanco hueco, 55% de fragmentos (Buwal 250, 1996)			
Sección: producción de envases			
Entrada	Categorías del material	Unidad	Cantidad
Fragmentos de vidrio; materia prima secundaria	Producto de otros sistemas	kg	601,30
Dolomita; materia prima	Flujo elemental	kg	72,50
Feldespatos; materia prima	Flujo elemental	kg	31,10
Polvo de piedra caliza; materia prima	Flujo elemental	kg	27,00
Arena de cuarzo; materia prima	Flujo elemental	kg	253,10
Soda (Na_2CO_3)	Producto intermedio	kg	62,80
Sulfato de sodio (Na_2SO_4)	Producto intermedio	kg	3,20
Calumita	Producto intermedio	kg	6,50
Amoníaco (NH_3)	Producto intermedio	kg	0,30
Hidróxido de sodio (NaOH 50%)	Producto intermedio	kg	21,40
Lubricantes	Producto intermedio	kg	0,662
Agua de enfriamiento	Flujo elemental	m ³	1,70
Energía eléctrica de la red pública	Producto intermedio	kW·h	291,00
Combustible diesel (producción)	Producto intermedio	kg	0,14
Nafta (incineración integrada)	Producto intermedio	kg	152,40
Salida			
Vidrio blanco hueco	Producto intermedio	kg	1 000,00
Aguas servidas	Producto intermedio	m ³	1,68
Desechos de la producción del vidrio hueco	Producto intermedio	kg	4,44
Desechos especiales de la producción	Producto intermedio	kg	0,65
Amoníaco; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	0,72
Cloruro de hidrógeno; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	53,30
Fluoruro de hidrógeno; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	14,80
Dióxido de carbono; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	kg	521,00
Monóxido de carbono; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	27,80
Dióxido de azufre; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	1 292,00
Óxido nítrico; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	1 158,80
Plomo; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	44,60
Polvo; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	589,60
Grasa y aceite; emisión a la atmósfera	Flujo elemental	g	42,00

Figura 5 — Ejemplo de la descripción del proceso unitario para la producción de vidrio blanco hueco

5.4 Recolección inicial de datos en cada proceso unitario

El procedimiento de recolección de datos puede ser guiado por los resultados de una encuesta de datos inicial de una muestra pequeña de los sitios de los cuales los datos serán recolectados eventualmente.

Podría ser una buena idea, diseñar y enviar a los proveedores un cuestionario, el cual ellos puedan copiar y enviar a sus propios proveedores. Pero un cuestionario solo, no es suficiente. Aún el cuestionario más explícito, con ejemplos y explicaciones no garantiza que todos entiendan las preguntas del mismo modo. Por lo tanto, las respuestas deben ser tratadas con precaución. El contacto telefónico, antes y después de enviar el cuestionario, puede incrementar, tanto el número de respuestas, como la calidad de las mismas. Para datos importantes puede ser necesario visitar la compañía con el objeto de asegurar que los datos sean correctos.

Cuando se trabaje con compañías extranjeras, se recomienda prestar especial atención a las unidades y abreviaturas, las cuales pueden aparecer como obvias en el idioma local, pero puede ser incomprensible o confuso para otros, por ejemplo, "bbl", "el", "ha", "t", "ton". Se debe solicitar que no se usen abreviaturas, y que se usen las unidades del Sistema Internacional cuando corresponda.

La información general solicitada para cada proceso unitario puede ser estructurada de la siguiente forma:

- unidad de referencia (por ejemplo, "Los datos han sido dados por kilogramo de aceite"). La unidad de referencia de un proceso unitario puede ser una o más materias o flujos de energía que entran o salen. La unidad de referencia podría ser también una cierta cantidad de tiempo (por ejemplo, "producción anual");
- lo que incluyen los datos, por ej. el comienzo y el final del proceso unitario y si se incluyen o no sustancias auxiliares, envases, limpieza, administración, estudios de mercado, investigación y desarrollo, instalaciones de laboratorio, actividades relacionadas con los empleados (calefacción, iluminación, ropas de trabajo, transporte, comedor, instalaciones sanitarias), máquinas y mantenimiento. Se recomienda también establecer si los datos son para las condiciones normales de operación o incluyen también, condiciones de parada y puesta en marcha o situaciones de emergencia;
- ubicación geográfica del establecimiento;
- la tecnología aplicada/el nivel tecnológico;
- si el proceso unitario produce más de un producto, los datos significativos para la asignación de los intercambios ambientales, si la asignación ha sido realizada y si así fue, como fue hecha.

La siguiente información puede necesitar ser especificada para cada una de las entradas o salidas:

- el período durante el cual fueron recolectados los datos, y si los datos representan un promedio del período completo indicado, o sólo partes de él;

- cómo fueron recolectados los datos y cuan representativos son (por ejemplo, "una muestra por mes", "mediciones continuas", "calculado de consumos anteriores", "estimado"), incluyendo el número de sitios de medición, métodos de medición,
- métodos de cálculo (incluyendo la forma en que se calcula el promedio), y la relevancia de posibles exclusiones y suposiciones;
- el nombre y la procedencia de la persona encargada de la recolección de los datos y la fecha de la recolección;
- el procedimiento de validación.

Se recomienda que las entradas y salidas deberían, tanto como sea posible, ser dadas con indicación de incertidumbre (preferentemente con información estadística como desviación estándar y tipo de distribución, pero al menos como un intervalo). Debería establecerse de donde provienen los flujos entrantes (por ejemplo, "agua proveniente de plantas de suministro de agua privadas") así también como el destino de los flujos salientes (por ejemplo, "hacia la planta de tratamiento de aguas residuales"). Debería ser sencillo de visualizar si el flujo viene de/va hacia la naturaleza (por ejemplo, agua residual purificada a un curso de agua) o desde / hacia otro proceso técnico (por ejemplo, lodo para suelo agrícola). Para ciertos flujos es importante también establecer la calidad (por ejemplo, contenido de materia seca, contenido de aceite, contenido energético).

El transporte se informa preferentemente como un proceso unitario separado. Un sistema de transporte puede ser dividido en la infraestructura fijada (por ejemplo, caminos, líneas, tuberías, puertos, estaciones), el transporte móvil (por ejemplo, camión, avión, contenedor) y la fuente energética (por ejemplo, combustible diesel, electricidad). Para cada forma de transporte, se podrían informar los siguientes valores:

- El tipo de energía y la cantidad en relación tanto a la distancia (por ejemplo, en km) como también al desempeño del transporte (masa x distancia, por ejemplo, kg-km),
- Los intercambios ambientales en relación tanto a la distancia como también al desempeño del transporte,
- El promedio de cargas porcentuales, incluyendo los viajes de vuelta vacíos, y el ajuste de los factores usados para esto.

5.5 Estimación inicial de los flujos de materia y energía

Basada en la recolección inicial de datos, se prepara una estimación inicial de los flujos de materia y energía como se muestra en el ejemplo de botellas de vidrio en la Tabla 4 y 5.

5.6 Aplicación de reglas de decisión

Las siguientes reglas de decisión podrían ser aplicadas consecutivamente.

5.6.1 Reglas de decisión para la contribución de masa

Las decisiones para excluir entradas de materia basadas en la masa, han sido usadas frecuentemente. Reglas por aproximación como la exclusión de materiales que contribuyen en menos de un cinco por ciento a las entradas de masa de un proceso unitario, o aquellos que contribuyen en menos de un uno por ciento a la entrada global de masa del sistema, se han popularizado en la bibliografía. Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad de los datos, debería darse preferencia a las reglas de decisión que están basadas en la contribución acumulativa al sistema en estudio, en lugar de la contribución de cualquiera de los materiales individuales. Una regla de decisión apropiada sería requerir la inclusión de todos los materiales que tengan un total acumulativo mayor que un porcentaje fijo del total de las entradas al sistema producto.

Tabla 4— Entradas de sólidos para botellas de vidrio, listadas en orden creciente de contenido

Material	Cantidad	Unidad	Total circulante
Carbón (lignito y carbón de mina) ^a	53,1	kg	53,1
Petróleo crudo ^a	43,7	kg	96,8
Arena ^a	8,7	kg	105,5
Chatarra de hojalata y acero de otros sistemas ^a	7,3	kg	112,8
Piedra caliza y cal ^a	6,9	kg	119,7
Pedazos de vidrio roto de otros sistemas ^a	6,8	kg	126,5
Gas natural (6,22 m ³) ^a	4,9	kg	131,4
Hidróxido de sodio ^a	4,5	kg	135,9
Madera ^a	4,0	kg	139,9
Cloruro de sodio ^a	2,7	kg	142,6
Ácido sulfúrico ^a	1,1	kg	143,7
Pegamento ^a	0,7	kg	144,4
Caolín y ligante ^b	0,6	kg	*
Jabón ^b	0,5	kg	*
Sulfonato de sodio	0,06	kg	*
Hipoclorito	0,05	kg	*
Aceite para rodamientos	0,048	kg	*
Lavandina	0,030	kg	*
Clorato de sodio	0,030	kg	*
Oxígeno	0,030	kg	*
Latón ^b	0,025	kg	*
Carbón de antracita	0,020	kg	*
Dióxido de azufre	0,020	kg	*
No especificado	0,012	kg	*
Peróxido	0,005	kg	*
Hidrógeno	0,002	kg	*
Óxido de cobalto	0,002	kg	*
Total	145,8	kg	
+ Tinta y colores de impresión ^b sin datos disponibles			
+ Agua	7000	litros	
^a Ver texto bajo reglas de decisión para contribuciones de masa en 5.6.1			
^b Ver texto bajo reglas de decisión para relevancia ambiental en 5.6.3			
* No se informa el valor acumulado por haber superado el 99% del total del flujo requerido			

Tabla 5 — Procesos consumidores de energía en las etapas del ciclo de vida de botellas de vidrio, divididas entre electricidad consumida directamente, procesos térmicos etc., transporte y almacenamiento de alimentación

Proceso consumidor de energía - utilizada directamente	Electricidad %	Térmicos etc. %	Transporte %	Almacenamiento %
Extracción y refinado de materias primas	0,1	2,6		
Producción de vidrio	4,5	14,2		
Enjuague y llenado	64,4	61,4		
Uso (refrigeración en consumidores)	15,9			
Recuperación (limpieza de las piezas de vidrio)	0,1			
Manejo de desechos incluyendo la incineración				2,9
Etiquetas - ciclo de vida total	4,4	8,8		60,6
Tapas de botella - ciclo de vida total	10,2	10,5		12,9
Cajas - ciclo de vida total	0,5	2,5		23,6
Distribución			79,1	
Transporte exceptuando la distribución			20,9	
Total %	100	100	100	100
Total en kW·h o MJ	78 kW·h	750 MJ	743 MJ	67 MJ

Ejemplo: Para el ejemplo del sistema de la botella de vidrio en la Tabla 4, una regla de decisión fue establecida tal que la suma de todos los materiales incluidos debe ser mayor al 99% del total de flujo de entrada al sistema. Basado en esta regla de decisión, solo los materiales marcados con ^a están incluidos. Los materiales remanentes podrían ser removidos para un mayor análisis.

5.6.2 Reglas de decisión para la energía

Basar la inclusión de procesos únicamente en criterios de masa, puede dar como resultado que se pasen por alto datos importantes. Mientras que la masa es un importante indicador de la relevancia de los materiales, algunos materiales son energéticamente más intensivos que otros. Es aconsejable, por lo tanto, complementar la regla de decisión basada en masa con una regla de decisión basada en el requisito acumulativo de energía del sistema analizado.

Ejemplo: Para el sistema de la botella de vidrio, los requisitos de energía están listados en la Tabla 5. Este análisis muestra algunos procesos importantes, los cuales podrían haber sido excluidos si el análisis se hubiera basado solo en entradas de masa seca. Tanto "Enjuagado y rellenado" como "Uso (refrigeración en consumidores)" tienen muy bajas entradas de materiales, pero una gran parte del requisito energético del sistema.

5.6.3 Reglas de decisión para la relevancia ambiental

El criterio de masa aplicado en el ejemplo del vidrio podría ser complementado con un criterio de relevancia ambiental. Una evaluación cualitativa de materiales que se supone que contribuirán con emisiones importantes lleva a la inclusión adicional de materiales marcados con el superíndice b en la Tabla 4.

Una regla de decisión cuantitativa para la relevancia ambiental se podría establecer para cada categoría de datos individual o categoría de evaluación de impacto. En el ejemplo de la botella de vidrio, se aplica una regla de decisión que incluye procesos, cuya contribución acumulativa cubre el 90% de la cantidad calculada inicialmente para cada categoría.

Ejemplo: Para la categoría de impacto "Toxicidad humana, aire" esto involucra un examen más pormenorizado de las categorías de datos "Plomo al aire" y "Óxidos de al aire", siendo que esto constituye el 90% de la contribución a esta categoría (ver Tabla 6). Esto conduce a la inclusión de la producción de vidrio como un proceso separado, debido a la emisión de plomo (introducido por los pedazos de vidrio roto, provenientes de otros sistemas).

Tabla 6 — Procesos del sistema de botella de vidrio responsables de, por lo menos, el 90% de la contribución a la categoría de impacto potencial "Toxicidad humana, aire"

Plomo (56%)	Producción de vidrio (72%) Otros procesos térmicos (20%) Producción eléctrica (7%) Procesos de transporte (1%)
Oxidos de nitrógeno (34%)	Procesos de transporte (73%) Procesos térmicos etc. (15%) Producción eléctrica (12%)

5.7 Entradas, salidas y límites del sistema establecidos

Usando el proceso delineado anteriormente, quedan establecidas las entradas y salidas de material a ser incluidas en el estudio de ACV y los límites del sistema. Este proceso permite la búsqueda de información adicional en proporción a la magnitud absoluta de la masa, energía y relevancia ambiental. Estas reglas de decisión, por consiguiente, dirigen en forma sabia y selectiva la utilización del tiempo y los recursos, para aquellas áreas más capacitadas para mejorar la calidad global del estudio de ACV.

6 Ejemplos de evitación de asignaciones

6.1 Contexto de la norma

Para procedimientos de asignación, NC-ISO 14041 establece en 6.5.2 que:

- El procedimiento de asignación utilizado para cada proceso unitario cuyas entradas y salidas son asignadas, debe ser documentado y justificado

y en 6.5.3 que:

- debe seguirse el procedimiento por etapas siguiente:
 - a) **Etapas 1:** Es conveniente, en la medida de lo posible, evitar la asignación:
 - 1) dividiendo el proceso unitario a asignar en dos o más sub-procesos

- 2) extendiendo el sistema producto para incluir las funciones suplementarias vinculadas a los coproductos, teniendo en cuenta los requisitos de 5.3.2.

6.2 Panorama

Este capítulo presenta dos ejemplos para evitar la asignación, que ejemplifica la flexibilidad en la aplicación de la guía específica de NC-ISO 14041. Los dos ejemplos en 6.3 y 6.4 están representados en la Figura 6.

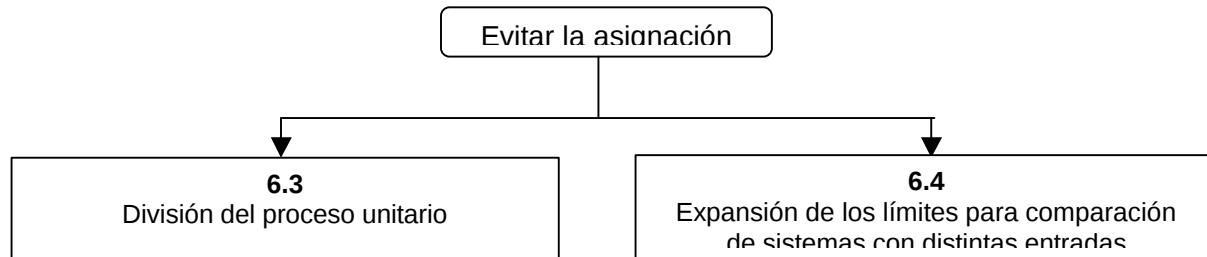


Figura 6 — Panorama de ejemplos para evitar la asignación

El ejemplo en 6.3 describe como se evita la asignación mediante la división del proceso unitario. El ejemplo en 6.4 consiste en expandir los límites del sistema de modo que dos opciones modificadas, produzcan la misma cantidad de los mismos productos finales. Este método garantiza que ambas opciones producen la misma cantidad de digamos, plástico y calor, de manera que el consumo global de recursos y las emisiones ambientales puedan ser comparadas.

6.3 Ejemplo para evitar la asignación mediante la división del proceso unitario a ser asignado, en dos o más procesos

La asignación se aplica, algunas veces, a productos cuya manufactura no está intrínsecamente ligada. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando la recolección de datos se lleva a cabo en un lugar dado, sin profundizar en los detalles concernientes a procesos específicos en ese sitio.

La asignación innecesaria puede dar lugar a sesgos significativos como se ilustra en la Figura 7. En este caso la asignación entre bobinas de chapa de acero revestidas con Cromo y las mismas pero revestidas con recubrimientos orgánicos trae aparejado la asignación de entradas y salidas ambientales asociadas con el consumo de solventes orgánicos que ocurre en la línea de revestimiento orgánico. Esto puede tener consecuencias sobre las etapas anteriores en la línea de producción (si los rendimientos son diferentes para ambas líneas de revestimiento).

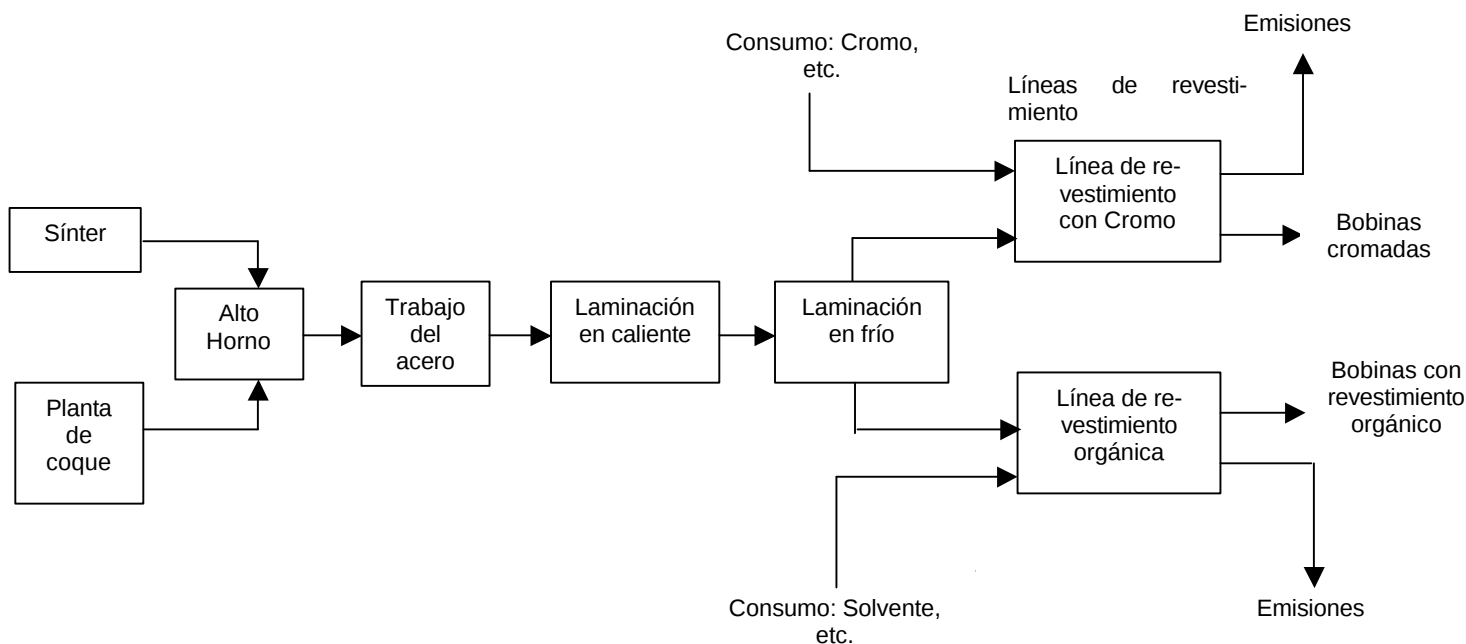


Figura 7 — Sistema donde la asignación puede ser evitada a través de una recolección más precisa de datos y la división en dos subsistemas diferentes

En este caso, si la recolección de datos abarca tanto el revestido con cromo, como el orgánico, será necesario asignar entradas y salidas ambientales entre las dos líneas. De acuerdo con esto, es necesario recabar datos separadamente para fraccionar la línea única de revestido del proceso unitario en dos procesos.

6.4 Ejemplo en el que se evita la asignación expandiendo los límites para comparación de sistemas con distintas salidas

Los materiales plásticos de embalaje, después del uso del consumidor, pueden ser procesados en diferentes productos, dependiendo de la posibilidad de recuperación. Como un ejemplo, La Figura 8 muestra entradas y salidas asociadas con procesos alternados de 1 kg de desechos plásticos. Un ejemplo incluye el reciclaje de material y tiene como su co-producto film plástico. La otra opción incluye la recuperación de energía y produce calor como co-producto. Debido a que el reciclaje y la recuperación de energía conducen a distintos productos, el consumo de recursos y las emisiones ambientales, según estas dos opciones, no pueden ser comparadas en forma directa.

Para facilitar la comparación de los inventarios de estas dos opciones, puede aplicarse una expansión de los límites del sistema, como se muestra en la Figura 9.

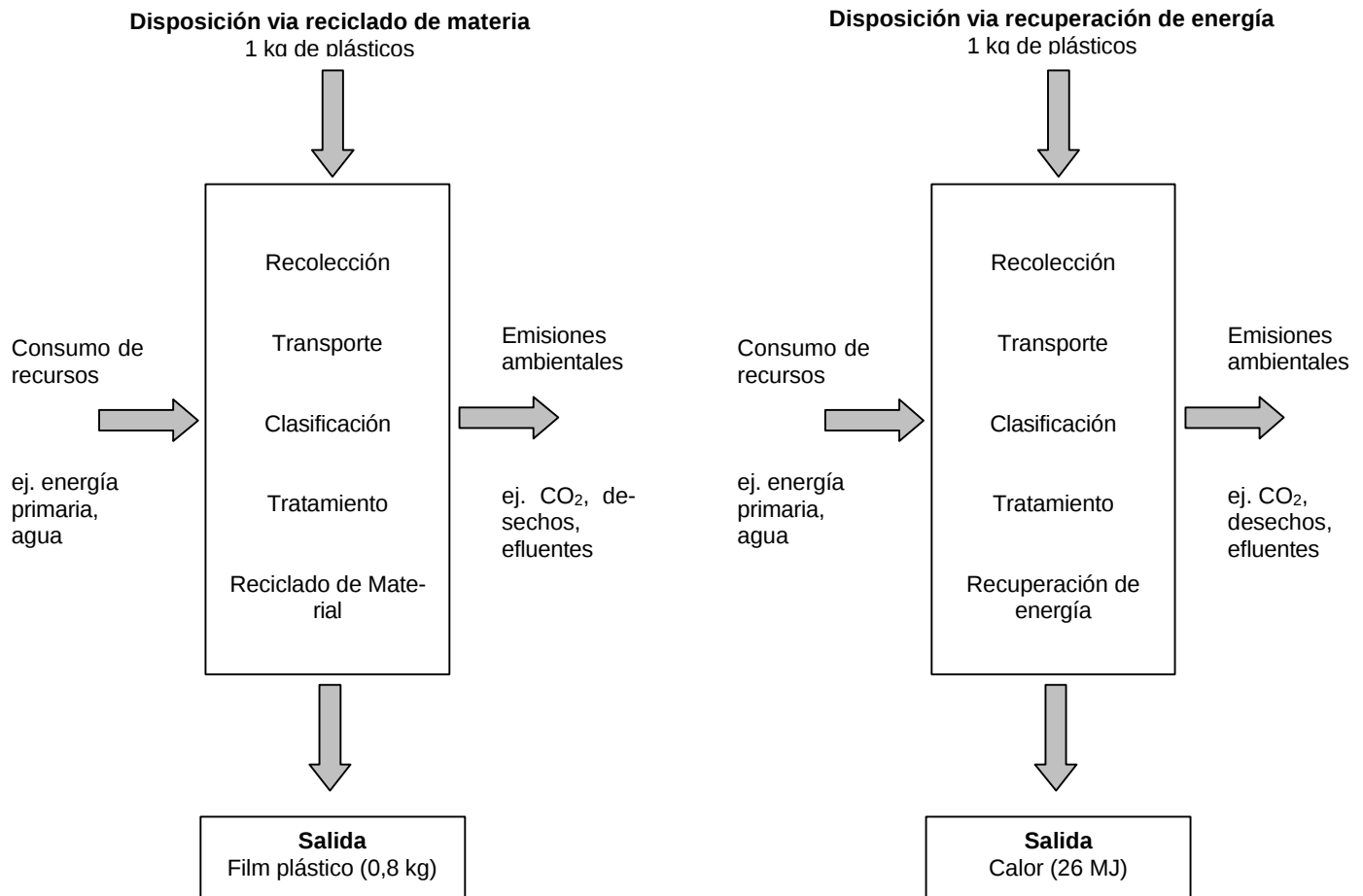


Figura 8 — Ejemplo de reciclaje de materia y recuperación de energía

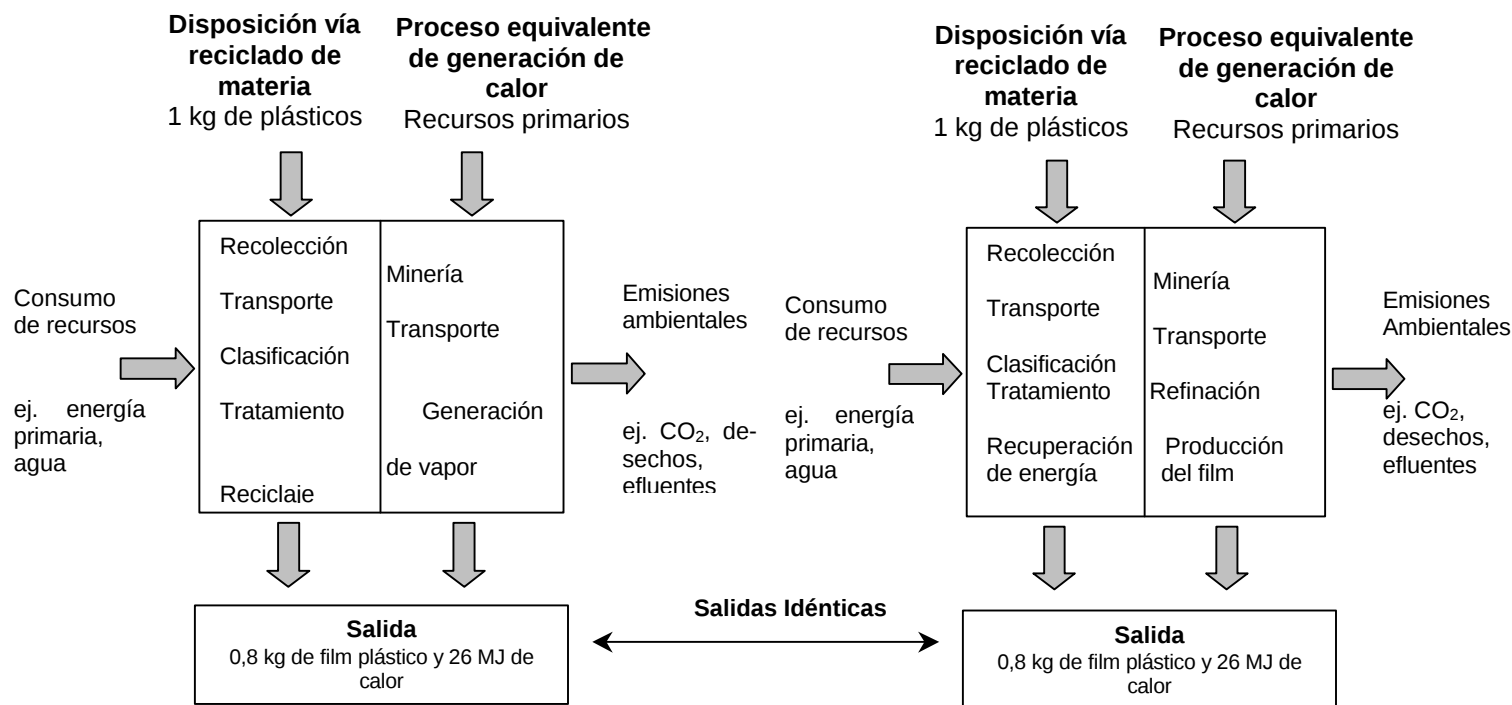


Figura 9 — Ejemplo de la expansión de los límites de un sistema

Este método expande los límites del sistema para que las dos opciones modificadas produzcan las mismas cantidades de los mismos productos finales. La línea del reciclaje de materia se complementa con un proceso equivalente (también conocido como un proceso complementario) generando 26 MJ de calor mediante recursos primarios. De la misma manera, un proceso equivalente de generación de 0,8 kg de film plástico mediante recursos primarios, es adicionado a la línea de recuperación de energía. Debido a que este método garantiza que ambas opciones producen la misma cantidad de plástico y calor, se pueden comparar el consumo total de recursos y las emisiones ambientales.

El mismo enfoque puede ser usado para comparaciones de más de dos opciones de reciclaje con diferentes productos.

Los procesos suplementarios a ser adicionados a los sistemas, deben ser aquellos que estén realmente involucrados cuando se cambie entre los sistemas analizados. Para identificar esto, es necesario saber:

- si el volumen de producción de los sistemas producto estudiados fluctúa con el tiempo (en cuyo caso, podrían ser aplicables diferentes sub-mercados con sus tecnologías), o el volumen de producción es constante (en cuyo caso es aplicable la carga-base marginal),
- para cada sub-mercado independientemente, si el proceso unitario es afectado directamente (en cuyo caso es aplicable este proceso), o las entradas son entregadas a través de un mercado abierto, en cuyo caso es necesario saber también:

- si alguno de los procesos o tecnologías que abastecen el mercado está restringido (en cuyo caso no son aplicables, debido a que sus salidas no se modificarán a pesar de cambios en la demanda),
- cuál de las tecnologías / proveedores no contraídas tiene los más altos o más bajos costos de producción y consecuentemente es la tecnología / proveedor marginal cuando la demanda para el producto suplementario está generalmente disminuyendo o aumentando, respectivamente.

7 Ejemplos de asignación

7.1 Contexto de la Norma

Para procedimientos de asignación, NC-ISO 14041 establece en 6.5.3 que:

- debe seguirse el procedimiento por etapas siguiente:
- a) **Etapa 2:** cuando la asignación no puede evitarse, es conveniente dividir las entradas y salidas del sistema entre sus diferentes productos o funciones de manera que se reflejen las relaciones físicas subyacentes entre ellos; es decir, reflejar la forma en que las entradas y salidas son modificadas por los cambios cuantitativos en los productos o funciones suministradas por el sistema.
 - b) **Etapa 3:** cuando no pueda establecerse o utilizarse una relación física como base para la asignación, es conveniente repartir las entradas entre los productos y las funciones de forma que reflejen otras relaciones entre ellas. Por ejemplo, los datos de entrada y salida podrían ser repartidos (asignados) entre co-productos proporcionalmente al valor económico de los productos.

7.2 Panorama

Los dos ejemplos seleccionados se presentan de acuerdo a procedimiento por pasos prescrito en 6.4.2 de NC-ISO 14041 y basado en la respuesta a la pregunta: ¿Es posible asignar de una forma que refleje relaciones físicas subyacentes? Un ejemplo responde sí, ejemplo de 7.3.1, en el cual la asignación es dirigida por relaciones puramente físicas. 7.3.2 da un ejemplo donde las relaciones físicas a asignar no están disponibles y se adopta un camino puramente económico.

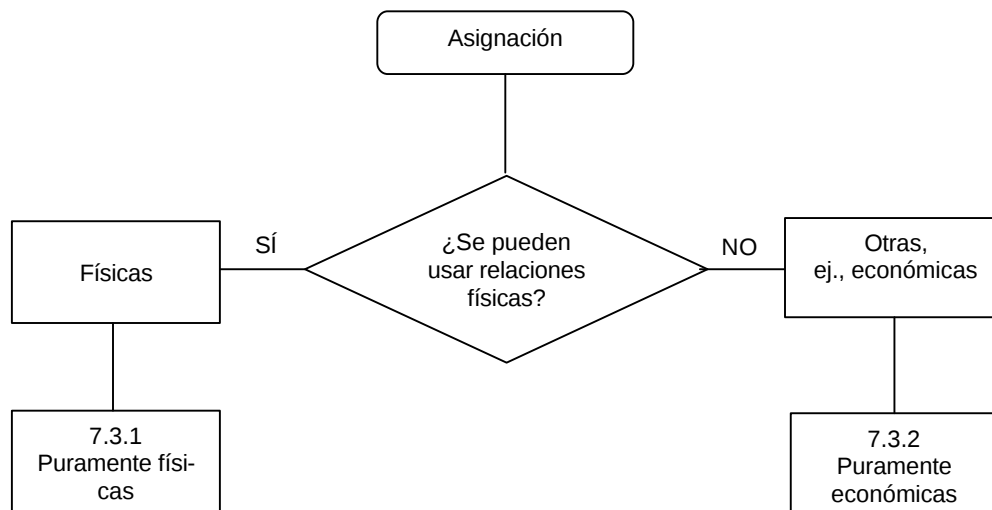


Figura 10 — Reseña de ejemplos para procedimientos de asignación

7.3 Descripción de los ejemplos

7.3.1 Ejemplo de asignación sobre una relación puramente física

En estudios del ICV con un sistema de envasado bajo investigación, la distribución desde la planta de llenado hasta los vendedores mayoristas y minoristas, incluye el envase lleno con mercaderías. Si el objetivo del estudio insiste en realizar un inventario de ciclo de vida en los envoltorios separadamente de sus contenidos, entonces el problema puede resolverse por la asignación de los datos del inventario, entre los envoltorios y el contenido.

Las cantidades del consumo de combustible y las emisiones de escape de los transportes dependen de varios factores como la carga, velocidad y condiciones del camino, pero este ejemplo se centra en la masa y el volumen de la carga solamente. Por simplicidad¹⁾, se aplica una relación lineal, entre el consumo de combustible y la masa de la carga, al camión cargado. Por otra parte, las cantidades de combustible consumidas por el camión sin la carga, en el camino de vuelta, se asume como constante (Figura 11). Las emisiones también se asumen como causadas por el transporte.

¹⁾ Cualquier simplificación debe justificarse para evitar su mal uso.

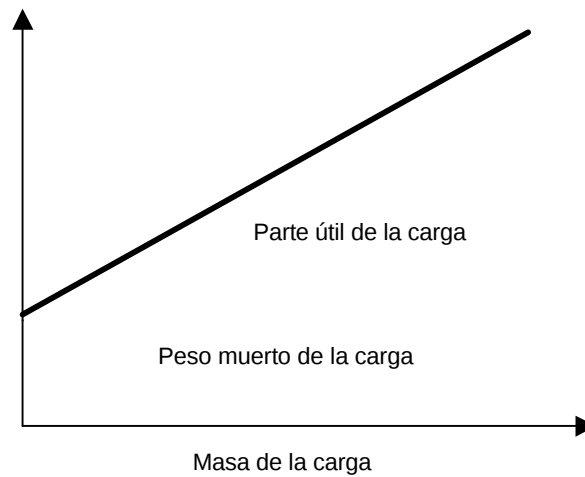


Figura 11 — Consumo de combustible de un camión con relación a la carga transportada

El propósito de un transporte es mover la mayor cantidad de artículos, pero parte de la capacidad del camión está utilizada siempre por paquetes necesarios para el transporte. Por consiguiente, la masa de los paquetes, así como su diseño, tienen un considerable efecto en la carga máxima de los artículos. Para la asignación, primero, debería verificarse si el camión es usado hasta su capacidad de masa o capacidad de volumen, y debe determinarse la parte de los embalajes. Esto requiere cinco valores básicos, como sigue:

- capacidad máxima de carga del camión
- capacidad máxima volumétrica del camión
- densidad del contenido
- carga real de los contenidos
- carga real de los embalajes

Los siguientes son dos ejemplos de asignación de usos de la capacidad de masa y volumen del camión, bajo la suposición que la capacidad máxima del camión es igual a la carga actual:

- 1) Uso de la capacidad másica: Un camión con una carga másica máxima de 40 toneladas y una carga útil máxima de 25 toneladas transporta 25 toneladas de envases llenos, su capacidad másica completa. La carga que corresponde a los envases es de 5 toneladas. Esto significa que el 20 % de la capacidad está utilizada por los envases, y, correspondientemente, el 20 % de los impactos ambientales causados por este transporte (carga útil y peso muerto) debe ser asignado a los envases.
- 2) Uso de la capacidad volumétrica: El mismo camión es cargado hasta su capacidad volumétrica y transporta 17 toneladas de envases llenos con los mismos artículos. Dos toneladas de las 17 toneladas de la carga máxima útil, son envases. Debido al gran volumen del material de envase utilizado, la carga de artículos transportados es de solo

15 toneladas, las cuales corresponden al 60 % de la carga máxima útil. Cuarenta por ciento de la capacidad del camión está usada por los envases y, en relación a esto, el 40 % del peso muerto transportado por el camión está fraccionado en envases. En consideración a la carga útil total, sin embargo, el porcentaje de envases es solamente del 12 %, lo cual significa que solo el 12 % de los impactos ambientales causados por la carga útil, están asignados a los envases.

7.3.2 Ejemplo de asignación sobre bases puramente económicas

El asfalto se produce en la refinería de petróleo, así también como otros co-productos tales como naftas, kerosén, gas oil y fuel oil. El proceso de la refinería puede tener un rendimiento del 5 % en fracción másica de asfalto y 95 % en fracción másica de los otros co-productos. Por simplicidad ²⁾²⁾, la extracción del petróleo, el transporte y el proceso de la refinería son considerados como un proceso unitario con un conjunto $\{D_i\}$ de datos de entrada y salida, incluyendo el agotamiento de los recursos del petróleo, consumo de combustibles y las emisiones y emisiones por transporte, por ejemplo, COV, y desechos, por ejemplo, catalizador agotado del proceso de refinería, como se muestra en la Figura 12.

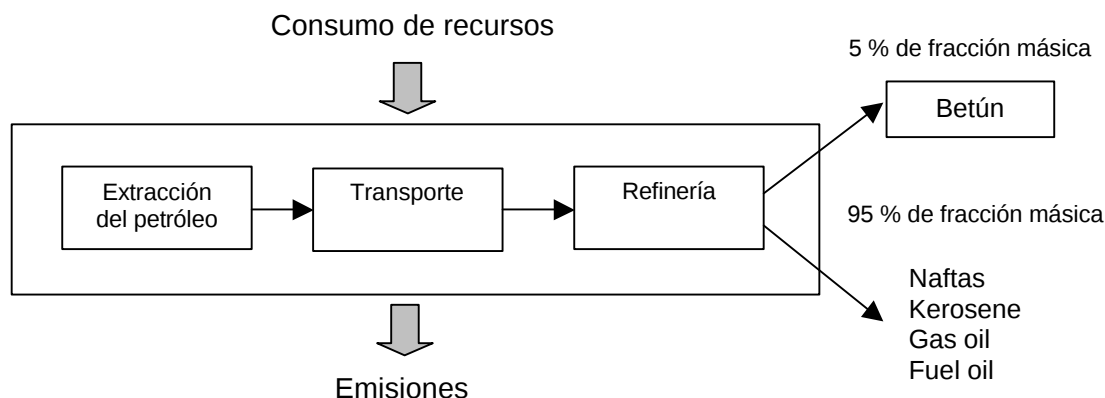


Figura 12 — Ejemplo del proceso de producción de asfalto

No hay posibilidad de evitar la asignación identificando un proceso que solo produzca asfalto, ya que todos los co-productos están elaborados a partir de petróleo.

Por lo tanto, debe encontrarse un factor de asignación F , el cual comparta el conjunto de datos $\{D_i\}$ del asfalto y los demás co-productos de una forma apropiada. Todos los datos $\{D_i\}$, multiplicados por el factor F , representarán cuáles de las cargas ambientales deban ser atribuidas al asfalto.

El siguiente paso es determinar si se puede identificar un parámetro físico como base para el cálculo del factor de asignación. De acuerdo a la NC-ISO 14041, estas relaciones de carácter físicas deben reflejar la manera en la que las entradas y salidas son intercambiadas mediante cambios cuantitativos en los productos entregados por el sistema.

²⁾ Cualquier simplificación debe justificarse para evitar su mal uso.

Un procedimiento que se usa para hallar tal parámetro físico, es producir variaciones en la proporción entre los distintos co-productos, con el objeto de descubrir cómo varía el conjunto de datos con este cambio en la salida del producto. En el ejemplo del laqueado de distintas piezas metálicas A y B (ver NC-ISO 14041, Punto B.3, Ejemplo 3), un parámetro físico (la superficie específica de los productos a ser laqueados) podría identificarse y justificarse por tales cambios cuantitativos en los productos entregados por el sistema, por ejemplo variando la proporción de los dos tipos de piezas metálicas laqueadas.

Este procedimiento falla debido a que la proporción entre la masa de betún y la masa de los otros co-productos puede variar, únicamente en un pequeño rango que involucra un cambio significativo de los parámetros del proceso, incluyendo el consumo de energía.

En tal caso, cualquier parámetro físico, por ejemplo masa, energía de reserva, conductividad térmica, viscosidad, peso específico, etc., puede tomarse en cuenta con el propósito de identificar el parámetro físico que refleje la relación física entre el asfalto y los demás co-productos. La masa ha sido aplicada algunas veces en el caso, pero ninguno de los parámetros puede justificarse como preferible frente a los otros. El hecho que en este ejemplo, la proporción entre el asfalto y los demás co-productos no pueda variarse indica que la asignación física no puede aplicarse.

Por lo tanto, la tercera alternativa propuesta en ISO 14041, la asignación económica, puede ser aplicada. Puede suponerse que, como promedio de los últimos tres años, el precio de mercado de 1 kg de asfalto es un 50% del precio promedio de mercado de los demás co-productos. Esto significa que la causa de la perforación, bombeo, transporte y refinación del petróleo es, preferentemente, la producción de los demás co-productos y no la producción de asfalto. Entonces, el factor de asignación es $F = 0,5 \times 0,05 = 0,025$, lo que significa que el 2,5% de cada uno de los datos $\{D_i\}$ será asignado al asfalto y el 97,5% de estos datos a los demás co-productos. Notar que en el caso de la asignación de masa, el asfalto habría acarreado el 5% de cada uno de los datos $\{D_i\}$.

8 Ejemplo de la aplicación de procedimientos de asignación para reciclaje

8.1 Contexto de la norma

Para el reciclaje, la NC-ISO 14041 establece en 6.5.4 que:

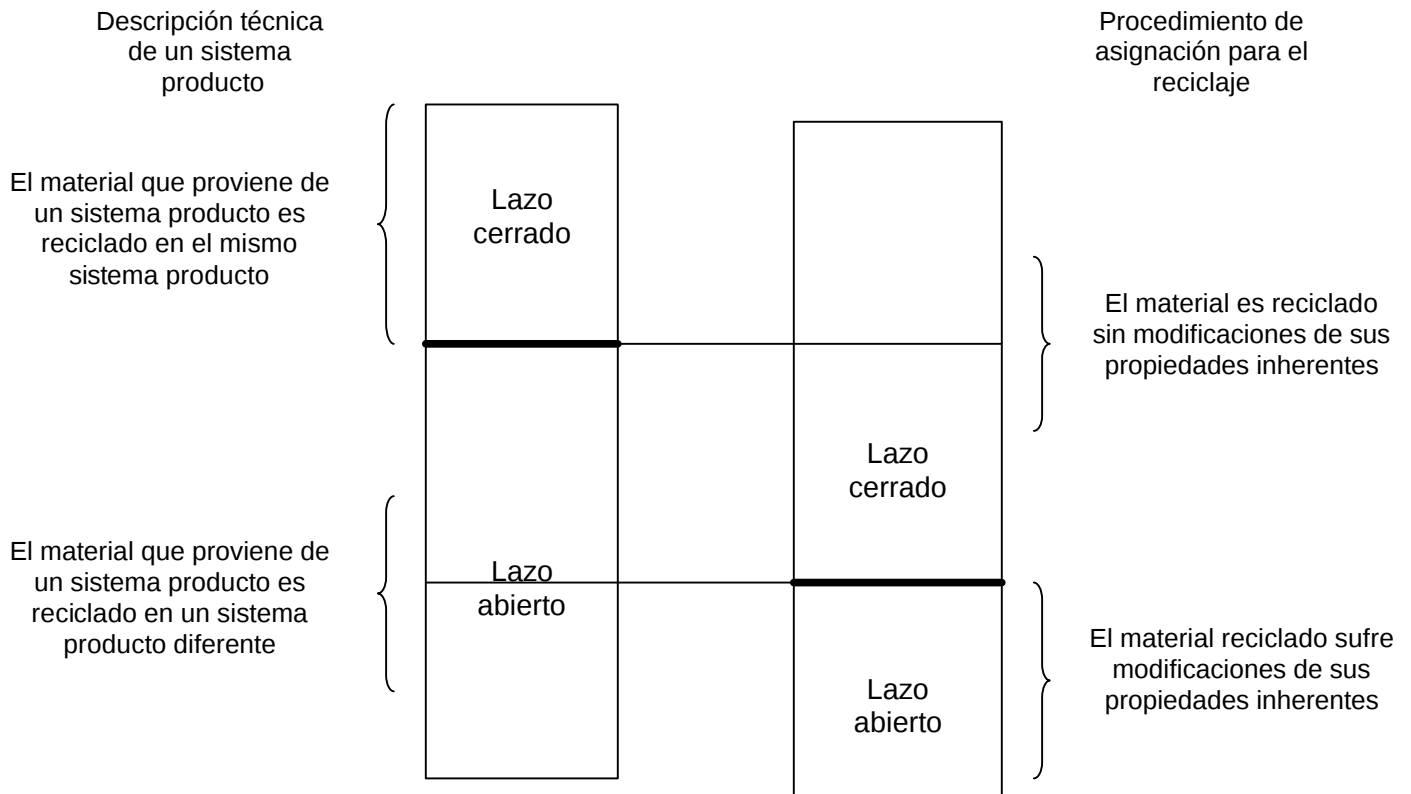
- Los principios y los procedimientos de asignación de 6.5.2 y 6.5.3 también se aplican igualmente a la reutilización y al reciclaje. Sin embargo, estas situaciones requieren una elaboración adicional por las razones siguientes:

- a) la reutilización y el reciclaje (así como la conversión en abono (compostaje), la recuperación de energía y otros procesos que pueden ser asimilados de una reutilización o de un reciclaje) pueden implicar que las entradas y salidas asociadas a los procesos unitarios para la extracción y el tratamiento de materias primas y la eliminación final de productos deban ser repartidos por más de un sistema producto;

- b) la reutilización y el reciclaje pueden modificar las propiedades inherentes de los materiales en usos posteriores;

c) es necesario un cuidado particular respecto a la definición de los límites del sistema que conciernen a los procedimientos de recuperación.

- Son varios los procedimientos de asignación aplicables a la reutilización y al reciclaje. Deben tomarse en cuenta los cambios de las propiedades inherentes de los materiales. Algunos procedimientos están descritos conceptualmente en la Figura 4, y son considerados a continuación para ilustrar cómo las restricciones anteriores pueden ser abordadas:



ISO 14041 - Figura 4 — Distinción entre una descripción técnica de un sistema producto y los procedimientos de asignación para reciclaje.

- un procedimiento de asignación en lazo cerrado se aplica a los sistemas producto en lazo cerrado. Se aplica igualmente a sistemas producto en lazo abierto, cuando no se produce ningún cambio en las propiedades inherentes del material reciclado. En tales casos, se evita la necesidad de una puesta que el uso del material secundario desplaza la utilización de materiales vírgenes (primarios). Sin embargo, el primer uso de materiales vírgenes en los sistemas producto en lazo abierto puede seguir el procedimiento de asignación de lazo abierto descrito a continuación;

- un procedimiento de asignación en lazo abierto se aplica a los sistemas producto en lazo abierto cuando el material es reciclado en los otros sistemas producto y el material sufre una modificación de sus propiedades inherentes. Es conveniente que los procedimientos de asignación para los procesos unitarios compartidos mencionados en 6.5.3 usen, como base de asignación:
 - propiedades físicas;
 - valor económico (por ejemplo, el valor del residuo en relación con el valor primario); o
 - el número de usos subsecuentes del material reciclado
- Además, particularmente para los procesos de recuperación entre el sistema producto original y el subsiguiente, se deben identificar y justificar los límites del sistema, asegurando que los principios de asignación sean observados como se describió en 6.5.2.

8.2 Panorama

Se brindan tres ejemplos; un caso a lazo cerrado, un caso a lazo abierto con procedimiento a lazo cerrado y un caso a lazo abierto puro. Se hace la observación que la asignación no ocurre para el reciclaje a lazo cerrado ni abierto (con procedimiento a lazo cerrado).

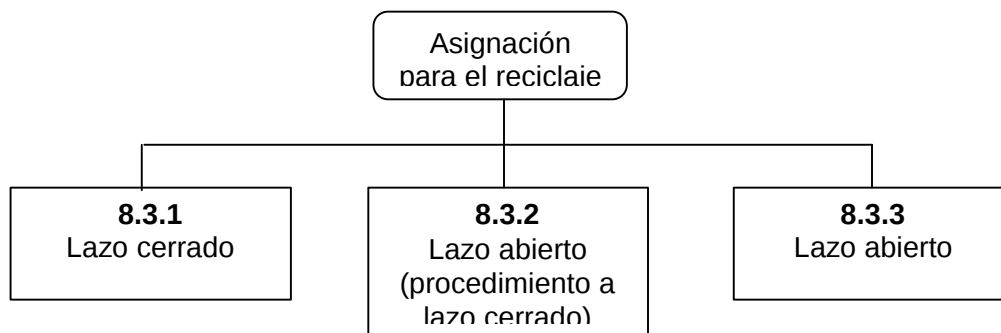


Figura 13 — Reseña para ejemplos de reciclaje

8.3 Descripción de los ejemplos

8.3.1 Ejemplo de reciclaje a lazo cerrado

En un proceso de fabricación de HFC-134a, usado como refrigerante fluorocarbonado alternativo, se alimenta etileno como una de las materias primas, pero una porción (0,05 unidades) del etileno sale sin reaccionar y se lo maneja como una sustancia a ser reciclada.

En este contexto se puede aplicar un procedimiento de asignación a lazo cerrado. El etileno de la salida desplaza una cantidad equivalente del etileno de entrada, necesario para el próximo ciclo, y el consumo neto de etileno disminuye a 0,95 unidades por ciclo de producción.

El etileno que abandona el proceso posiblemente no sea tan limpio como el etileno virgen de la corriente de entrada. Puede ser necesario agregar al proceso un paso de depuración para llevar el etileno reciclado al mismo nivel de calidad que en el material virgen, lo cual resulta en una expansión de los límites del sistema en estudio. El procedimiento de asignación a lazo cerrado continúa siendo aplicable al sistema expandido y evita la necesidad de asignación. El diagrama de flujo de este caso se muestra en la Figura 14.

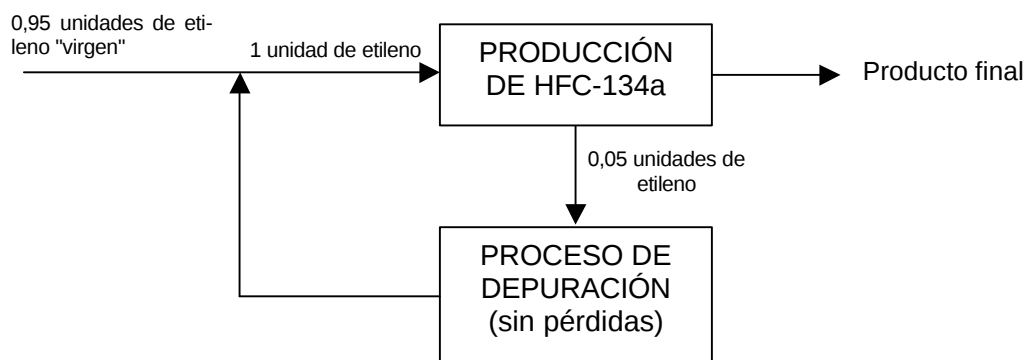


Figura 14 — Diagrama de flujo para el ejemplo de reciclaje a lazo cerrado

El consumo neto de etileno permanece invariable en el ejemplo, pero otros consumos y emisiones, por ejemplo energía eléctrica, son adicionados al inventario de ciclo de vida del sistema estudiado.

8.3.2 Ejemplo a lazo abierto con procedimiento de asignación a lazo cerrado

Hay casos en los que el reciclaje en un sistema producto específico, participa en depósitos o grupos ("pools") de distintos materiales independientes para vidrio reciclado, acero, aluminio, etc. El sistema producto específico entrega materias primas secundarias en aquel "pool" y es provisto de materias primas secundarias por el "pool". Si la importación y exportación de materias primas secundarias entre el "pool" y el ciclo de vida del sistema específico son equivalentes, el sistema producto específico puede ser modelado como reciclaje a lazo cerrado sin ningún problema. Si hay una exportación o importación neta de materias primas secundarias, existe un lazo abierto (con procedimiento a lazo cerrado) y son necesarias mayores consideraciones referentes al manejo de co-productos. Aparece entonces un problema de asignación con relación al beneficio del reciclaje de estas exportaciones o importaciones.

Este ejemplo de la producción de aluminio aclara el problema y da una propuesta para la solución del problema de la asignación. La Figura 15 muestra un ciclo de vida simplificado de un embalaje de aluminio. En la tecnología real requiriendo la especificación del aluminio para embalaje, se usa un porcentaje fijo del contenido de aluminio secundario. Por lo tanto, la cantidad de chatarra de metal recuperada es mayor que la capacidad de entrada en este sistema. Es por eso que una salida neta de chatarra participa en un reciclaje a lazo abierto fuera del sistema producto específico. La salida neta de chatarra en el "pool" puede considerarse como un co-producto.

La propuesta para resolver este problema de asignación es expandir los límites del sistema. La pregunta clave es "¿Cuál es el beneficio de una salida neta de chatarra de la producción de aluminio?". La respuesta es que la cantidad adicional de chatarra en el mercado del aluminio:

- incrementa la cantidad de aluminio secundario disponible el cual
- desplaza metales de aluminio virgen.

Con el método "expansión del límite del sistema para evitar la asignación" es posible calcular los efectos de la salida neta de chatarra de aluminio del sistema producto específico considerando el desplazamiento de metal de aluminio virgen en otros sistemas producto, por ejemplo en la producción de marcos de aluminio para ventanas (Figura 16). El tratamiento de la salida neta de chatarra del horno de reciclaje en la Figura 15 causa impactos ambientales adicionales. Pero al desplazar la producción de aluminio virgen en w kg en la Figura 16, hay considerarse beneficios ambientales a considerar. Con este procedimiento se calcula la diferencia entre la producción de aluminio usando materias primas secundarias y producir el mismo producto, por ejemplo aluminio usando material virgen. La diferencia de efectos ambientales entre ambos es el beneficio de la salida neta de chatarra y será acreditada al sistema de embalaje de aluminio en estudio.

Para un producto específico la consideración de estos efectos pueden calcularse en un modelo de reciclaje a lazo cerrado, basado en una división tecnológica ajustada de producción de aluminio virgen y aluminio secundario (Figura 17). Esto requiere que los procesos de producción de aluminio virgen y el horno de reciclaje sean idénticos o no muy diferentes en el sistema producto específico y que el resto del mercado del aluminio y las propiedades inherentes del aluminio primario y secundario sean idénticas o similares.

Este modelo a lazo cerrado de reciclaje hace las siguientes suposiciones:

- producción de la misma cantidad de material de embalaje de aluminio como en la Figura 15, o sea, 100 kg,
- recuperación de la misma cantidad de producto específico de chatarra de aluminio, o sea, 110 kg,

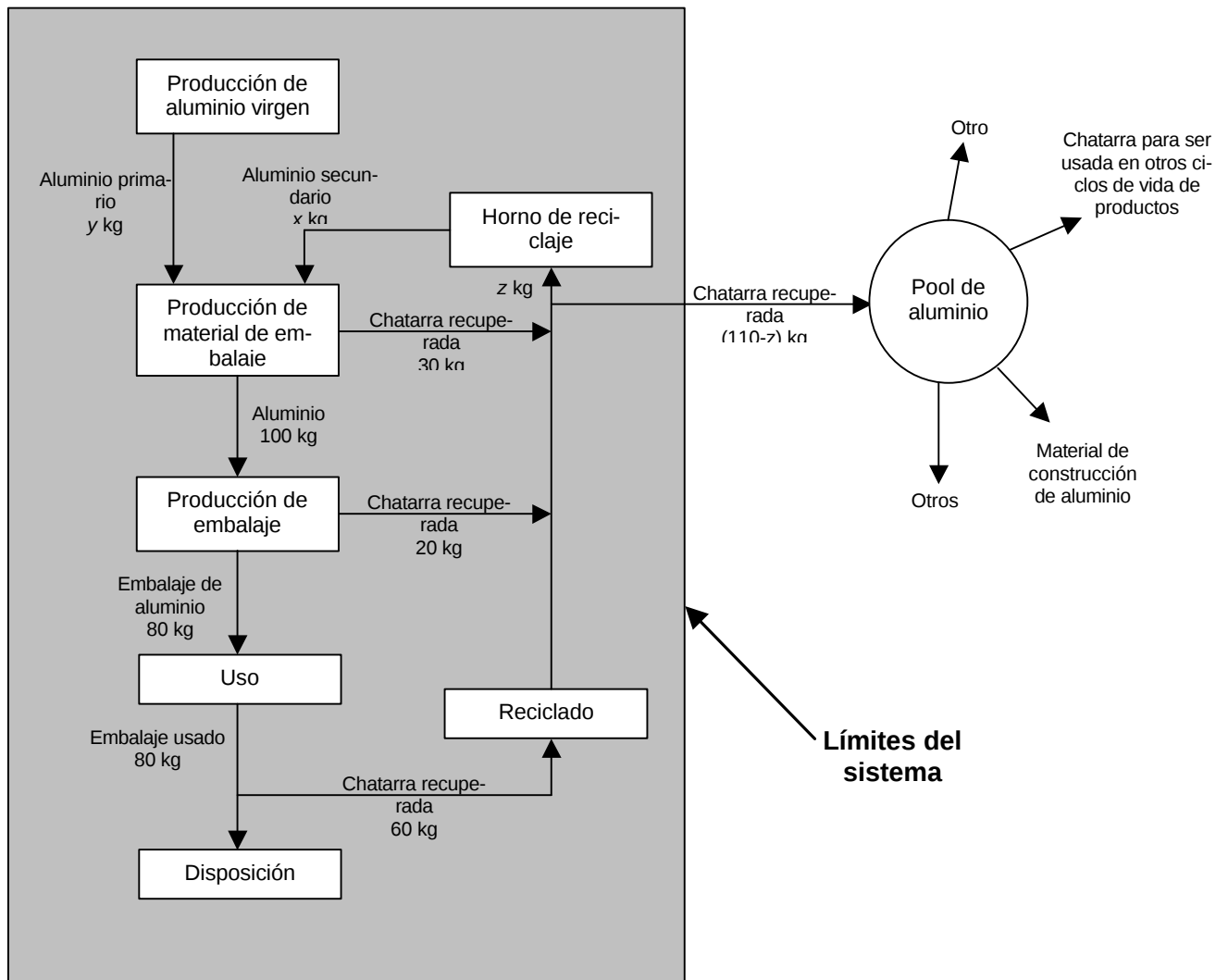


Figura 15 — Lazo abierto con procedimiento a lazo cerrado de reciclaje para embalaje de aluminio (cantidades ficticias)

Límites expandidos del sistema

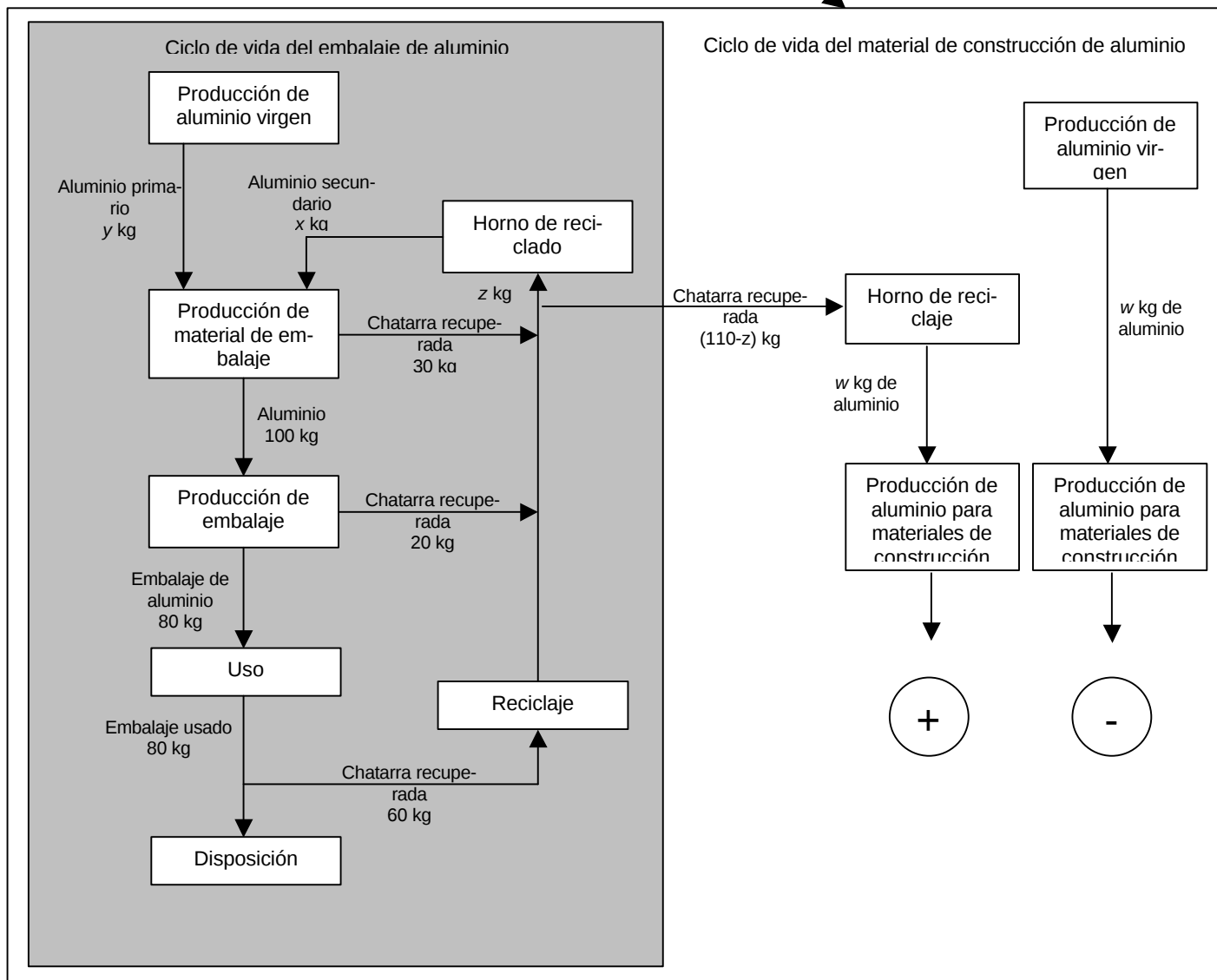


Figura 16 — Lazo abierto con procedimiento a lazo cerrado de reciclaje para embalaje de aluminio con límites del sistema expandidos (ejemplo para otros ciclos de vida de productos: material de aluminio para la construcción)

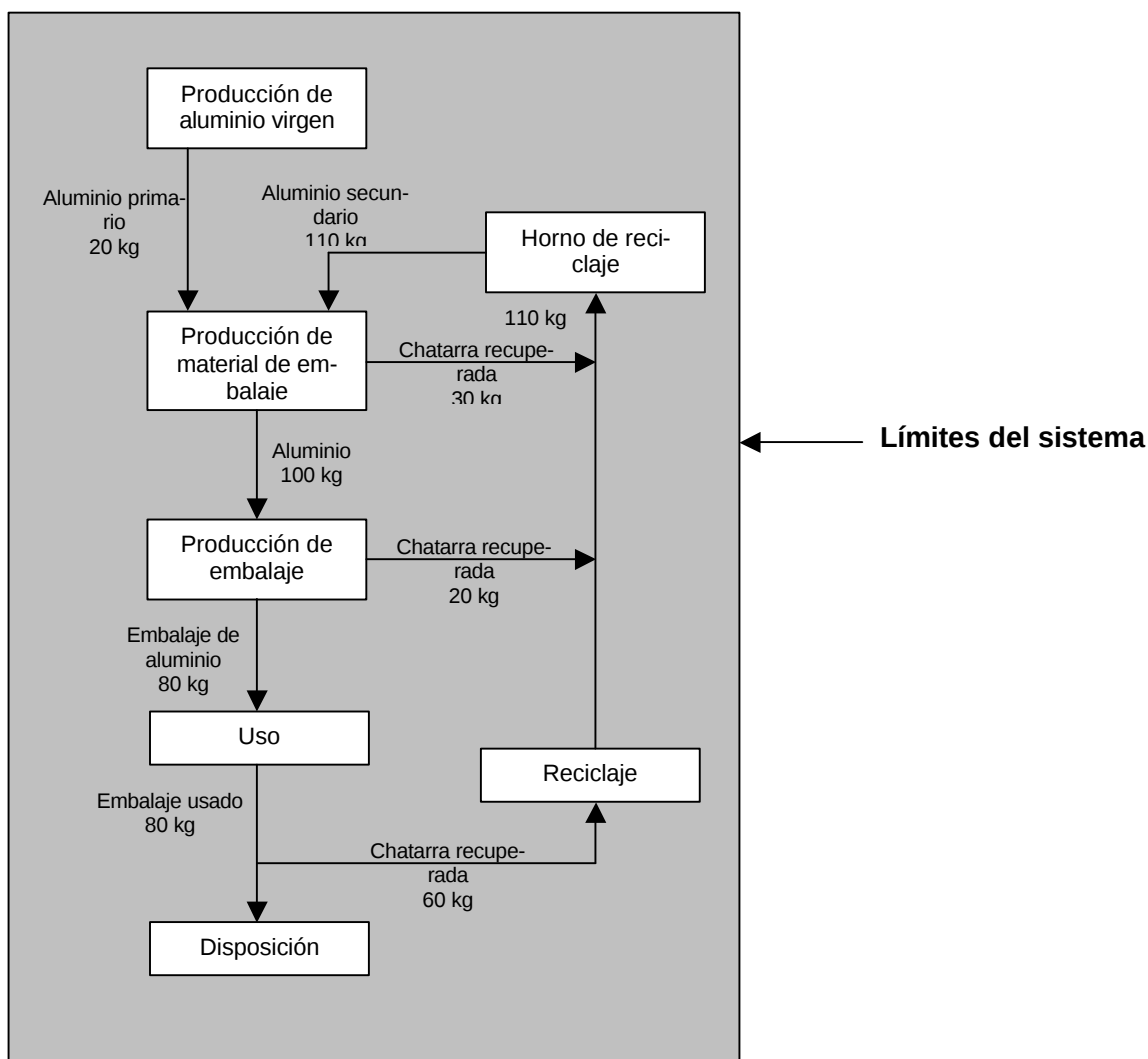


Figura 17 — Modelo de reciclaje a lazo cerrado para embalaje de aluminio con una división tecnológica ajustada del producto específico.

8.3.3 Reciclaje a lazo cerrado

Este ejemplo es sobre un sistema producto hipotético de papeles y cartones kraft blanqueado, PCKB. No refleja un sistema producto específico ni categoría sobre este amplio término ni tampoco proporciona cifras precisas. Los procedimientos de asignación utilizados están basados tanto en propiedades físicas como en el número de usos subsecuentes de los materiales reciclados. Los pasos para describir el ejemplo están indicados en el diagrama de flujo de la Figura 18.

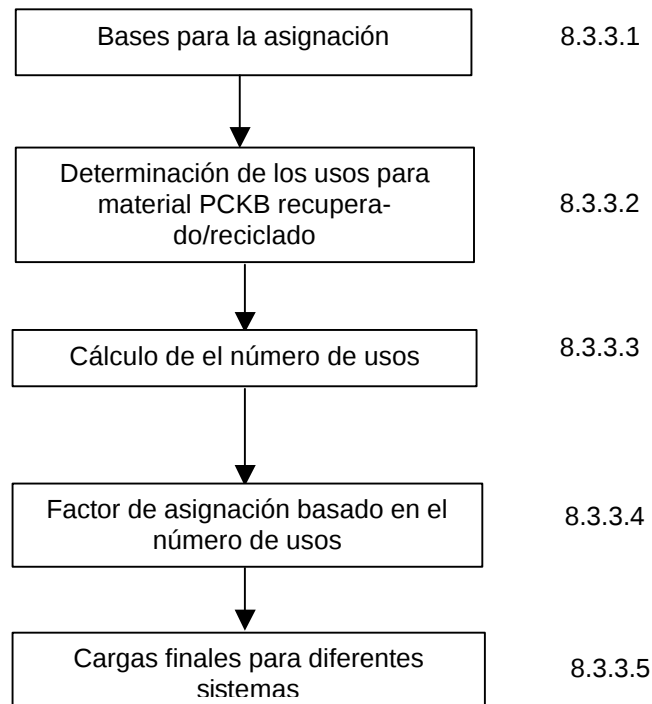


Figura 18 — Pasos para describir el ejemplo de reciclaje a lazo abierto

8.3.3.1 Bases para la asignación

La base sobre la cual se realiza la asignación - esa es, la carga total que será asignada entre el producto primario y los productos derivados del reciclaje de fibras - refleja las cargas asociadas con el sistema producto primario (original), hasta el final de la vida útil del producto. El siguiente diagrama en la Figura 19 muestra la base de la asignación.

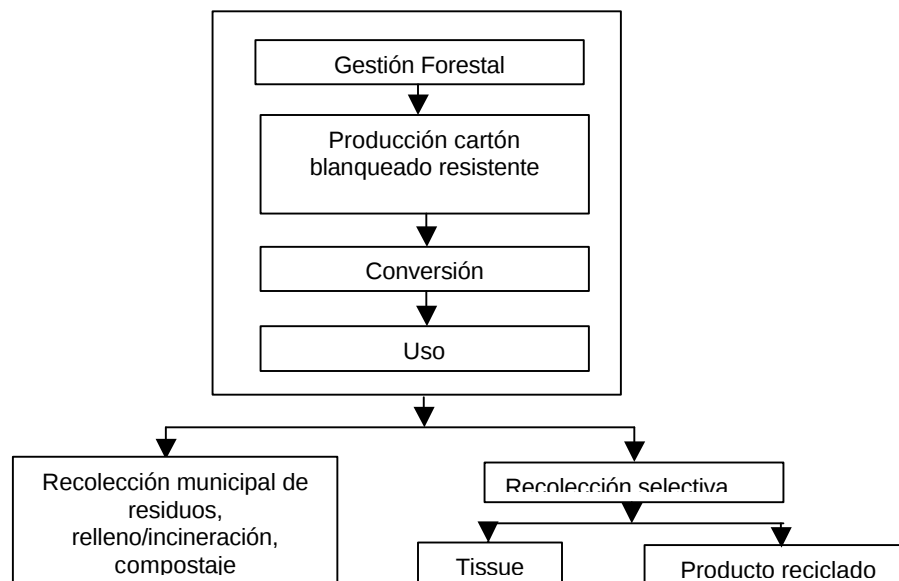


Figura 19 — Base de asignación

8.3.3.2 Determinación de los usos para papeles y cartones kraft blanqueados (PCKB)

Se conocen dos usos distintos principales para los papeles y cartones kraft blanqueados, papeles tissue (higiénicos) y otros productos de papel reciclado. La diferencia estriba en el hecho que el papel tissue, una vez usado, se desecha. Por otra parte, otros productos de papel reciclado son susceptibles de una posterior recuperación y reciclaje.

En este ejemplo, se considera que el 30 % del papel y cartón kraft blanqueado PCKB se dirige a los residuos sólidos municipales (RSM), instalaciones de disposición y que el 70 % entra dentro de los sistemas de recuperación y reciclaje de papel, como se indicó antes.

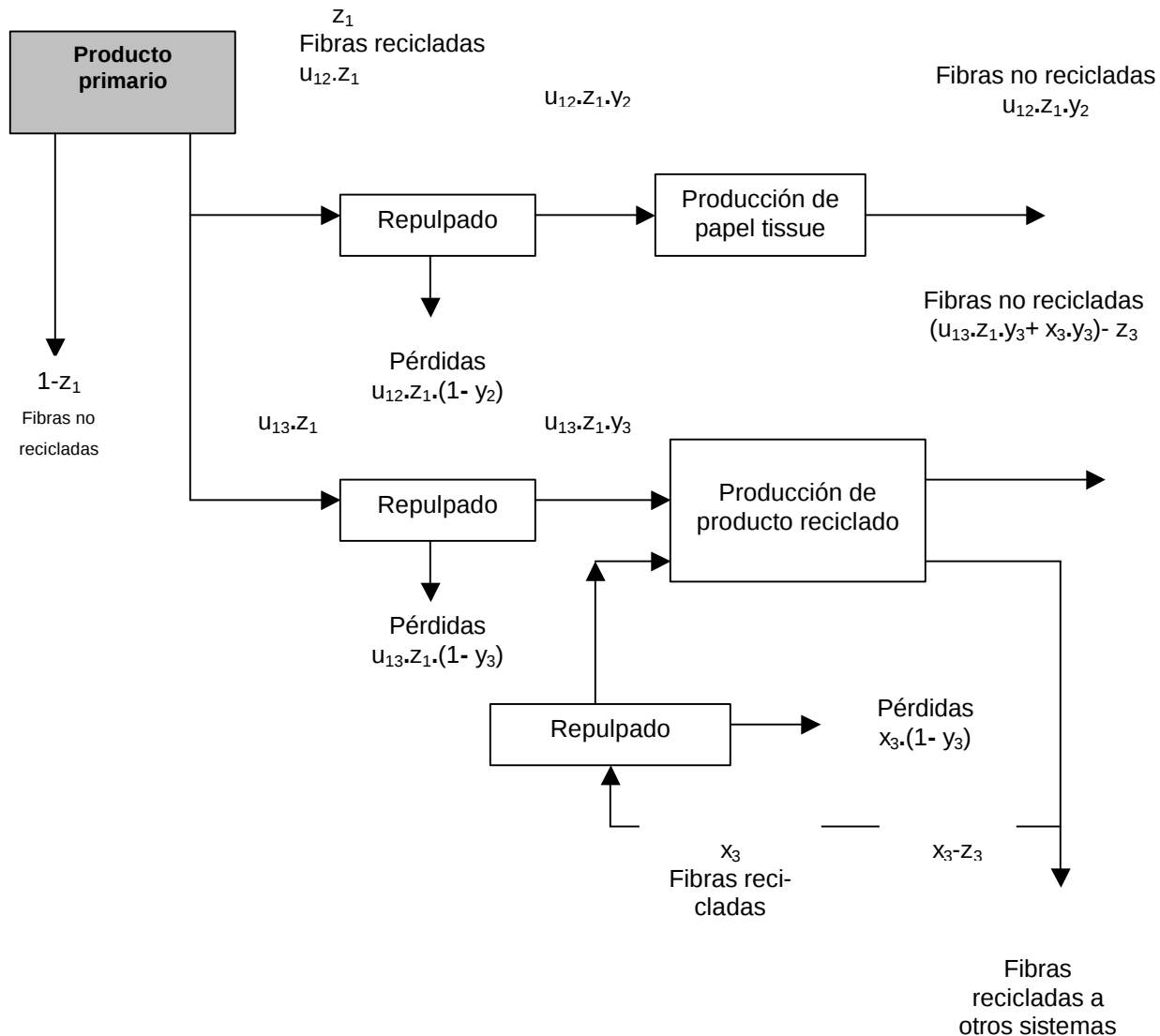


Figura 20 — Diferentes usos de los productos PCKB recuperados y desechados

($z_1 = 20$, $u_{12} = 0,25$, $u_{13} = 0,75$, $x_3 = z_3 = 0,5$, $y_2 = y_3 = 1,0$)

Los sistemas reciclaje de productos que reciben el 70 % del PCKB recuperado son de diferente naturaleza. El 25 % del total de fibra recuperada se estima que entra a la producción de papel tissue. El 75 % de la fibra de PCKB recuperada se estima que entra a otros sistemas producto ya sean en la práctica de reciclaje abierto o cerrado. La Figura 20 proporciona información a cerca del flujo de material y las fracciones. Todas las variables se explican en la sección siguiente. Todas las entregas se consideran igual a 1,0 (sin pérdidas) con el fin de facilitar los cálculos.

8.3.3.3 Cálculo del número de usos

Con la ayuda de la Figura 20, es posible estimar el número total de usos (u). Los valores para las diferentes variables, así como la formulación son las siguientes.

Se definen las siguientes variables:

z_1 es la fracción de producto primario que es recuperada después de un primer uso y reciclaje;

u_{12} es la fracción de z_1 fibras que son recicladas hacia el papel de seda;

u_{13} es la fracción de z_1 fibras que son recicladas hacia los productos reciclados;

$$u_{12} + u_{13} = 1,0$$

y_2 es la entrega de fibras repulpadas para la producción de papel de seda;

y_3 es la entrega de fibras repulpadas para los productos reciclados;

z_3 es la fracción de producto reciclado que se recicla otra vez;

x_3 es la fracción de producto reciclado que se recicla en un lazo cerrado;

$$z_3 = x_3 \text{ (asume que no hay reciclaje a lazo abierto de fibras post consumo).}$$

Para el escenario de reciclaje que se presenta en la Figura 20, el número total de usos (u) para z_1 fibras puede calcularse como sigue:

$$\begin{aligned} u &= 1 && \text{(primer uso del producto reciclado)} \\ &+ z_1 \cdot u_{12} \cdot y_2 && \text{(uso en el papel de seda)} \\ &+ z_1 \cdot u_{13} \cdot y_3 && \text{(uso en el producto reciclado; el primer paso)} \\ &+ z_1 \cdot u_{13} \cdot y_3 \cdot (z_3 \cdot y_3) && \text{(uso en el producto reciclado; el segundo paso)} \\ &+ z_1 \cdot u_{13} \cdot y_3 \cdot (z_3 \cdot y_3)^2 && \text{(uso en el producto reciclado; el tercer paso)} \end{aligned}$$

...

$$+ z_1 \cdot u_{13} \cdot y_3 \cdot (z_3 \cdot y_3)^{n-1} \quad (\text{uso en el producto reciclado; el enésimo paso})$$

o,

$$u = 1 + (z_1 \cdot u_{12} \cdot y_2) + (z_1 \cdot u_{13} \cdot y_3) \cdot [1 + (z_3 \cdot y_3) + (z_3 \cdot y_3)^2 + \dots]$$

Calculando el último elemento y agrupando resultará que

$$u = 1 + z_1 \cdot [(u_{12} \cdot y_2) + (u_{13} \cdot y_3) \cdot (1 / (1 - (z_3 \cdot y_3)))]$$

Por lo tanto, el número total de usos para la fibra enviada a reciclar es,

$$u = 1 + z_1 \cdot [(u_{12} \cdot y_2) + (u_{13} \cdot y_3) \cdot (1 / (1 - (z_3 \cdot y_3)))]$$

8.3.3.4 Cálculo del factor de asignación basado en el número de usos

Dado que el número de usos (u) ha sido estimado en 2,225 por lo anterior, el factor de asignación se calcula como sigue.

Si una fracción z_1 de la producción total de papel cartón de estraza blanqueado, PCKB, llega a ser recuperada por subsecuentes usos en otros sistemas producto, entonces $(1 - z_1)$ de la carga total permanece en el sistema primario (original), y z_1 del total de cargas va hacia la totalidad de los usos de producto reciclado. Debe recordarse que el material primario (original) también se divide en esta fracción. El factor de distribución de la carga final para el sistema producto primario (original) será entonces:

$$(1 - z_1) + (z_1 / u)$$

Este enfoque de asignación, basado en el número total de usos más original, se aplica tanto al sistema producto primario (original) como a la totalidad de los sistemas producto de reciclado. Puesto que $z_1 = 0,70$ y $u = 2,225$ el factor para el sistema producto primario (original) es

$$(1 - 0,70) + (0,70 / 2,225) = 0,30 + 0,3146 = 0,6146$$

Asimismo, la totalidad de los usos de los productos reciclados recibirán, del material recuperado PCKB reciclado, un factor de asignación igual a

$$z_1 \cdot (u - 1) / u = 0,70 \times (2,225 - 1) / 2,225 = 0,3854$$

La suma de las fracciones del original y la totalidad de los sistemas producto reciclados es 1,0. Es importante comprobar esto

$$0,6146 + 0,3854 = 1,000$$

8.3.3.5 Cargas finales para los distintos sistemas

Las cargas se asignan a los distintos sistemas, como sigue.

Para el sistema primario (original), todas las cargas del sistema de PCKB por unidad funcional, están multiplicadas por el factor de asignación de 0,6146. Esto representa la importancia del reciclado a lazo abierto en los resultados del análisis del inventario. Una fracción apreciable del sistema producto primario (original) se pasa a la totalidad de los sistemas producto reciclados. Esto es una expresión del hecho que el material enviado a reciclaje es similar a un producto valioso en lugar de un desecho sin valor.

Para los distintos productos reciclados, la materia prima fibra que proviene de los sistemas de PCKB trae con ella la fracción remanente de las cargas o $(1-0,6146) = 0,3854$. En el caso del sistema papel tissue, donde no se realiza un recupero posterior y una vez usado es descartado, el factor de asignación continúa siendo 0,3854 para aquella materia prima fibra en uso.

Para los demás sistemas producto de papel reciclado, el factor de asignación de 0,3854 que vendrá con la materia prima fibra, para la totalidad de usos, podría ser reducido aún más de acuerdo con el conocimiento del sistema y del porcentaje o fracción de los productos que serán recuperados o reciclados nuevamente en otros sistemas. En este ejemplo, $Z_3=X_3$ ya que no tiene lugar un posterior reciclaje a lazo abierto.

En ambos casos, para las cargas que vienen con la materia prima fibra habrá necesidad de adicionar las cargas específicas debidas al reprocesamiento, etc. de la materia prima fibra en el nuevo sistema producto.

Si ha ocurrido un reciclaje a lazo abierto posterior, el procedimiento de asignación será similar al ya descrito arriba. Nuevamente, es importante que las suposiciones y cálculos del factor de asignación se verifiquen, como se realizó anteriormente, para indicar que las fracciones suman 1,0.

9 Ejemplos sobre evaluación de la calidad de los datos

9.1 Contexto de la norma

La NC-ISO 14041 establece en 5.3.6 que:.

- Se recomienda incluir requisitos de calidad de los datos para los parámetros siguientes:
 - cobertura temporal (de tiempo);
 - cobertura geográfica;
 - cobertura tecnológica;
- En todos los estudios los siguientes requisitos adicionales de calidad de los datos se deben considerar:
 - precisión;

- completamiento (grado de integración);
- representatividad;
- consistencia;
- reproducibilidad;

en 6.3 que:

- Cuando los datos son compilados (recolectados) de documentos publicados, debe hacerse referencia a las fuentes. Para los datos recolectados de documentos publicados que sean significativos para las conclusiones del estudio, es necesario hacer referencia a los documentos publicados que dan precisiones sobre el procedimiento de recolección de datos, el tiempo durante el cual los datos fueron recolectados, y sobre otros indicadores de calidad de los datos. Si estos datos no son conformes con los requisitos iniciales de calidad de los datos, ello debe establecerse.

en 6.4.2 que:

- Para cada categoría de datos y para cada lugar de información donde sean identificadas fallas de datos, el tratamiento de los datos faltantes y de los olvidos conlleva, por regla general:
 - un valor de datos “no cero” justificado;
 - un valor de dato “cero” si él se justifica; o
 - un valor calculado sobre la base de valores informados que provienen de procesos unitarios que hacen uso de una tecnología similar.

y en el Capítulo 7 que:

- La interpretación debe incluir una evaluación de la calidad de los datos y un análisis de sensibilidad sobre las entradas, salidas y los cambios metodológicos significativos de manera de conocer la incertidumbre de los resultados.

9.2 Panorama

En general, un inventario del ciclo de vida amplio involucra la recolección e integración de cientos sobre miles de piezas de datos sobre producto, proceso, o actividad bajo estudio. Dependiendo del alcance del estudio, la información se reúne a través de diferentes organizaciones e incluso continentes. De tal manera, es esencial que la gestión de la calidad de los datos sea una parte integral del proceso global.

La Figura 21 muestra el proceso secuencial para llevar a cabo la evaluación de la calidad de los datos, y la siguiente describe varios requisitos de calidad de datos e indicadores de calidad de datos que pueden ser usados en un inventario de ciclo de vida.

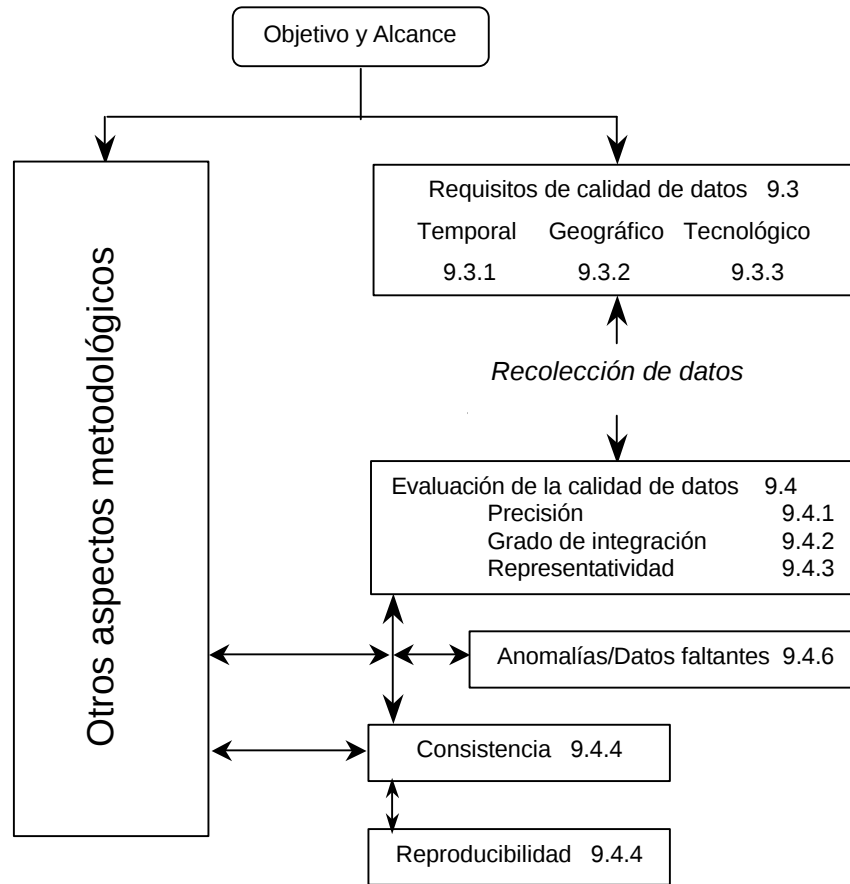


Figura 21 — Reseña de la realización de la evaluación de la calidad de los datos

9.3 Requisitos de datos para establecer el listado específico de sitios

El objetivo del estudio establece las bases para definir los requisitos temporales, geográficos y tecnológicos del estudio. Esta actividad es un primer paso importante para establecer los requisitos de calidad de datos.

9.3.1 Cobertura temporal

Varias decisiones deben ser tomadas respecto de la fuente y colección de los datos a ser usados en el estudio. La edad de los datos primarios, los cuales son específicos del sitio, y de los secundarios (por ejemplo, fuentes publicadas) puede ser usada como una distinción.

Ejemplo: Los objetivos pueden ser establecidos usando ambos tipos de fuentes

Los objetivos pueden ser establecidos usando ambos tipos de datos recolectados de fuentes diferentes. Ellos podrían ser por ejemplo,

- Datos primarios recolectados de una compañía específica en el último año;
- Datos secundarios usando fuentes publicadas dentro de los últimos cinco años.

Cuando la edad de los datos se desvía de estos objetivos, debe advertirse.

Los datos reales medidos pueden ser considerados los mejores ya que proveen un entendimiento de la variabilidad inherente en los procesos que serán modelados. Sin embargo, los datos debidamente documentados, calculados, o estimados representan una entrada valiosa. Cuando es posible, los datos son recolectados en un período mínimo de un año. Tales datos suministran claridad sobre potenciales efectos estacionales, variaciones naturales de proceso y eventos accidentales. Complementariamente al período de estudio, es útil revisar el período de doce meses previo para verificar la consistencia y para ayudar a identificar anomalías o potenciales errores de informe.

9.3.2 Cobertura geográfica

Los límites espaciales pueden incluir las instalaciones del sitio específico que son parte del sistema producto para el estudio, el cual puede ser especificado más adelante, a una región o sector del mercado en particular. Un estudio puede extenderse, igualmente, a un sitio específico. En una situación de sitio específico, cada compañía participante determina inicialmente la cantidad de producto que es incluida, la cual es entonces seguida hacia atrás, a través de la cadena de abastecimiento, y hacia delante para recuperación, reciclaje y disposición final. La cadena de abastecimiento puede extenderse más allá de la región específica en la que se vende el producto, especialmente cuando los proveedores de materias primas están participando del estudio.

La documentación de este flujo de producto es importante desde que fija el marco para la gestión de información y la subsecuente evaluación de la calidad de los datos. Esta lista provee además las posibles bases para la evaluación del grado de integración del estudio.

9.3.3 Cobertura tecnológica

El listado de los sitios específicos que presentan los datos se usa para definir las características inherentes de la producción, procesos y tecnologías de control ambiental. Resúmenes de las asociaciones de comercio y agencias gubernamentales proveen inspección útil para una revisión posterior de la representatividad de los sectores industriales.

Este objetivo del estudio comandará la mezcla de tecnologías y el número de locaciones por tipos de tecnología que serán incluidos. El desarrollo tecnológico debe ser tenido en cuenta cuando el ciclo de vida total cubre un período de tiempo en el cual el desarrollo puede ser esperarse. Ver el ejemplo de una heladera en 4.4.

9.4 Requisitos para caracterizar la calidad de los datos

La NC-ISO 14041 muestra los cinco indicadores para caracterizar la calidad de los datos y los métodos de recolección e integración de los mismos.

9.4.1 Precisión

Esta es una medida de la variabilidad de los valores de los datos para cada categoría de datos expresada. Mide la dispersión o variabilidad de los datos alrededor de la media del conjunto de datos. Para cada categoría de datos, la media y la desviación estándar de los valores reportados, se calcula e informa para cada proceso unitario en el sistema producto. Estas medidas de precisión pueden ser usadas para evaluar la incertidumbre de los valores informados y colaborar con el análisis de sensibilidad de los resultados del estudio.

9.4.2 Grado de Integración

El grado de integración de los datos del proceso primario puede indicarse por el porcentaje de locaciones para las cuales están disponibles los datos primarios con relación al número total en existencia. Un porcentaje objetivo se acuerda, generalmente para cada tipo de proceso unitario, antes que la recolección de datos comience. En estudios comparativos, el objetivo es que cada sistema producto tenga un nivel equivalente de grado de integración. Los objetivos debe típicamente fijarse en un cierto nivel (por ejemplo, 70 %).

9.4.3 Representatividad

Este es un indicador de la evaluación cualitativa del grado en el cual el conjunto de datos refleja la verdadera población de interés. En esencia, esta evaluación es similar al del grado de integración pero enfocado en las dimensiones geográficas, temporales y tecnológicas del sistema producto. Este indicador mide el grado en el cual los valores de los datos usados en el estudio presentan una medición verdadera y precisa de la población de interés. El indicador puede además proveer información sobre la fracción del total de la capacidad de producción representada por los participantes. Cualquier variación importante identificada, es examinada y explicada.

Ejemplo: Muestreo sesgado por el grado de integración

Con el objeto de introducir la unidad de emisión de dióxido de carbono por kilowatt hora en cierta región o red de generación eléctrica, inspeccionar o relevar cada planta de conversión para hacer un compendio por valor promedio podría ser un enfoque apropiado. De todas maneras, si la encuesta es realizada en una red que es en un 96 % hidroeléctrica y el 4 % restante de plantas de carbón convencionales, omitir la emisión del 4% térmico introduciría una parcialidad importante.

9.4.4 Consistencia

La consistencia es un entendimiento cualitativo de cuán uniforme es aplicada la metodología del estudio a los distintos componentes del estudio. Esta medida de la calidad es una de las más importantes para manejar en el proceso de inventario. Hay una cantidad de pasos que deben ser tomados para garantizar la consistencia. Una de estas es la comunicación. En un estudio que envuelve una cantidad de compañías diferentes en las cuales se recolectan datos de distintos sitios en distintos países y continentes, debe haber un claro entendimiento de que datos están siendo requeridos, como son medidos, como son informados, y como son usados.

Ejemplo: Valor informado por un número de fabricantes

Quando se establecen datos sobre emisiones promedio y energía para las entradas de materia a un proceso de producción, se requiere la recolección de datos numéricos de un número de fabricantes. Algunos de ellos pueden ser informados usando datos publicados tales como normas nacionales, mientras que otros introducen su propia condición mediante la medición concreta. Siendo que estos no son uniformes en los métodos de la recolección o en la precisión, y si es dificultoso evitar la mezcla de enfoques distintivos, debe realizarse una evaluación preliminar para verificar la desviación.

Por ejemplo, investigando la emisión al aire, la comparación puede mostrar que la emisión de CO₂ informada por mediciones individuales es ligeramente menor (o mayor) que el valor publicado en una norma nacional, mientras el valor de SO₂ es idéntico.

9.4.5 Reproducibilidad

Esta medida describe la evaluación cualitativa de la magnitud en la cual la información sobre metodología y valores de datos permite la reproducción en forma independiente de los resultados informados en el estudio. Esta medida de la calidad se usa cuando se realizará algún tipo de reclamo público considerando los resultados de un estudio. La legislación anti-monopólica puede también excluir los logros del nivel de transparencia necesario para satisfacer su uso en el campo público.

9.4.6 Identificación de anomalías/ faltantes en los datos

Las anomalías son valores extremos de datos dentro de un conjunto de datos. Estos valores son identificados normalmente mediante análisis estadístico y/o como resultado de la revisión de un experto. Siempre que las anomalías o datos faltantes son identificados y también removidos del conjunto de datos o reemplazados por un valor calculado, son identificados en el informe del estudio. Estos valores de datos pueden existir como resultado de requerimientos mal interpretados de datos de entrada, valores de datos mal informados, análisis erróneo de muestras de datos o simplemente no disponibles.

Las anomalías son identificadas durante una amplia revisión de cada categoría de datos para cada proceso unitario. Las anomalías son devueltas a la locación de informe o a expertos internos de la compañía para determinar su validez para ser incluidas en la base de datos. Donde la anomalía se explica en términos de un desarreglo de proceso o una descarga accidental, ellas pueden ser mantenidas en el conjunto de datos. La decisión debe tomarse de acuerdo al objetivo y el alcance del estudio. Si no se puede encontrar una explicación o un error de informe no puede ser corregido, la anomalía es removida del conjunto de datos y debidamente documentada.

Una vez que las anomalías son manejadas, los datos faltantes se evalúan para determinar las entradas apropiadas para categorías individuales de datos. Un lineamiento básico es en el que cada categoría de datos para cada locación de informe deberá tener alguno de los siguientes:

- un valor de datos informado aceptable;
- un valor cero cuando sea aplicable;
- un valor calculado basado en el promedio de los valores informados;
- valores de procesos unitarios con tecnologías similares.

10 Ejemplos de realización de análisis de sensibilidad

Un análisis de sensibilidad evalúa la influencia sobre el resultado final de los cambios en parámetros de entrada o decisión, uno a la vez. El análisis de sensibilidad en inventario de ciclo de vida es un paso necesario debido a la inevitable subjetividad en ciertas decisiones tomadas al principio del estudio o durante las iteraciones, así también como los elementos de calidad de los datos usados. Hay necesidad de entender las consecuencias de estas decisiones para una adecuada transparencia en el estudio.

10.1 Contexto de la norma

ISO 14041 establece en 5.3.5 que:

- Cuando el estudio es utilizado para apoyar una aseveración comparativa que se dará a publicidad, el análisis de sensibilidad final de los datos de entradas y salidas debe incluir los criterios de masa, energía y relevancia ambiental, tales como son descritos en este apartado.

en 6.4.5 que:

- A fin de reflejar la naturaleza iterativa del ACV, las decisiones referidas a los datos a incluir deben estar basadas en un análisis de sensibilidad, con el objetivo de determinar su importancia.

y en 7 que:

- La interpretación debe incluir una evaluación de la calidad de los datos y un análisis de sensibilidad sobre las entradas, salidas y los cambios metodológicos significativos de manera de conocer la incertidumbre de los resultados.

10.2 Panorama

Una análisis de sensibilidad debe realizarse cuando un resultado significativo del análisis del inventario depende de valores los cuales también están:

- determinados por una elección (por ejemplo, regla de asignación);
- dentro de un rango de incertidumbre;
- ausentes (por ejemplo, lagunas en los datos).

Una decisión debe ser tomada en referencia a aquellos valores o parámetros a seleccionar para examinar.

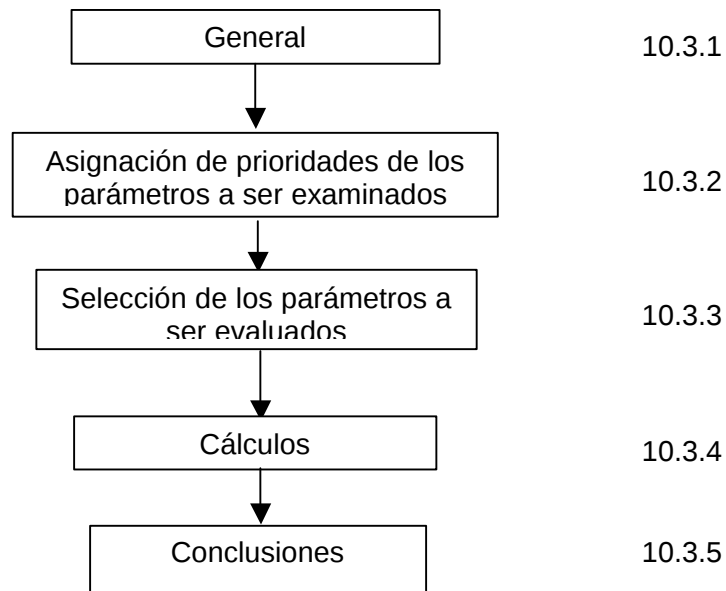


Figura 22 — Reseña del enfoque general

10.3 Descripción de los ejemplos

10.3.1 Generalidades

El análisis de sensibilidad puede ser llevado a cabo cambiando parámetros clave del análisis de inventario de ciclo de vida y re calculando el inventario con el objeto de comparar los resultados con la situación de referencia. Más específicamente,

- 1) introduciendo parámetros correspondientes a los puntos clave a ser evaluados,
- 2) Cambiando aquellos parámetros con el objeto de re calcular los inventarios para cada análisis,
- 3) evaluando la sensibilidad de los parámetros por comparación de los inventarios resultantes.

Durante la realización del análisis de sensibilidad, algunos parámetros deben ser determinados para caracterizar cada análisis. El número de cálculos del número de análisis de sensibilidad que el usuario realizó.

Los ejemplos de elementos clave a considerar incluye:

- la elección de la unidad funcional;
- incertidumbre del valor de los datos (dentro de un rango), consumo de electricidad, distancia de transporte, etc.;

- incertidumbre en los límites del sistema (geográfico, temporal), elección del modelo de producción de la electricidad [ej. promedio de OECD para 1994, o Estadísticas de Demanda y Provisión Eléctrica (1993)], etc.;
- otras elecciones metodológicas, reglas de asignación, reglas de recorte, reglas de reciclaje, evitar el estudio de la producción de un flujo no elemental, etc.

El análisis de sensibilidad puede resultar en:

- la exclusión de fases de ciclo de vida o sub sistemas cuando la falta de significancia puede ser exhibida por el análisis de sensibilidad,
- la exclusión de flujos de materia los cuales restan significado a las consecuencias de los resultados del estudio,
- la inclusión de nuevos procesos unitarios que están identificados como significativos en el análisis de sensibilidad.

10.3.2 Priorización de los parámetros a ensayar

Los análisis de sensibilidad se realizan para evaluar el efecto que tienen sobre los resultados del estudio del inventario de ciclo de vida, las principales suposiciones y la variabilidad de los datos. Un enfoque común para análisis de sensibilidad es cambiar la entrada de datos para una variable independiente seleccionada, por más o menos un porcentaje definido (ej. modificación del consumo de fuel oil en un proceso unitario en más o menos 10 %).

En un intento por priorizar las variables independientes, puede usarse un índice de varianza para determinar cuál de estas variables influye fuertemente en los resultados del estudio. El análisis conceptual sobre el índice de varianza sugiere que cuatro factores pueden influenciar la significación que tiene una variable independiente sobre los resultados del estudio:

- la contribución de la cantidad de la categoría de datos de un proceso unitario a la cantidad de la categoría de datos de un sistema producto,
- la importancia relativa de la categoría de datos (factor de sensibilidad),
- la variabilidad de los datos de un proceso unitario para la categoría de datos de un proceso unitario,
- el grado de integración de las entradas para la categoría de datos.

Los procesos con más alto porcentaje de contribución tienen mayor influencia sobre los resultados del inventario. Las categorías de datos tienen diferentes efectos ambientales relacionados a flujos de materia, flujos de energía y emisiones. La precisión del conjunto de datos está directamente relacionada con la incertidumbre de los resultados del inventario, mientras que la grado de integración del conjunto de datos se relaciona en forma inversa.

10.3.3 Selección de los parámetros a ensayar

Una vez que los parámetros que pueden ser de interés han sido priorizados, es necesario seleccionar el tipo de análisis de sensibilidad que debe ser llevado a cabo. Una vez realizado, debe entregarse una interpretación de los resultados.

10.3.3.1 Panorama del ejemplo

Usando como base el ejemplo en 8.3.3 de reciclaje a lazo abierto, podría haberse conducido un análisis de sensibilidad para evaluar si los parámetros son los adecuados, la variabilidad de los datos de diferentes locaciones incluidas en el estudio de ICV o el impacto de los procedimientos de asignación elegidos.

Una evaluación de estos tipos potenciales de análisis de sensibilidad concluyó que, debido al alto nivel de reciclaje en el ejemplo 8.3.3, el procedimiento de asignación seleccionado, aunque se considera que está en conformidad con la norma, merece una mayor evaluación.

El diagrama de flujo en la Figura 23 muestra los pasos seguidos para describir el ejemplo.

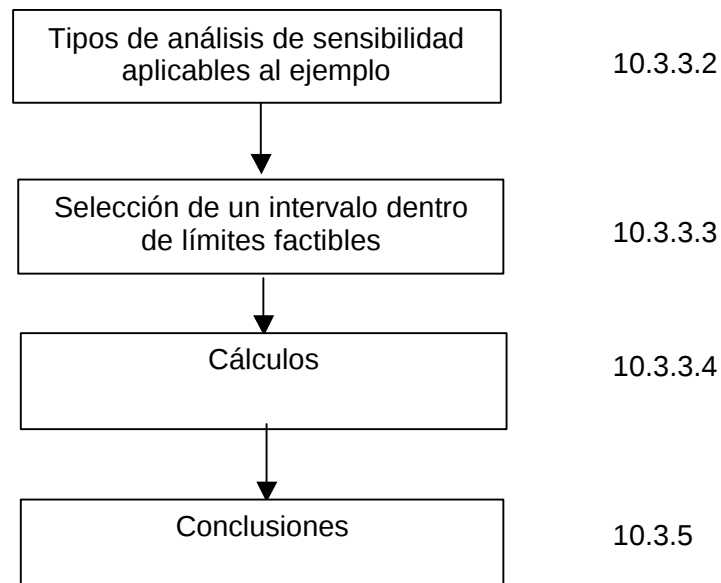


Figura 23 — Pasos para describir el ejemplo de análisis de sensibilidad

10.3.3.2 Tipos de análisis de sensibilidad aplicables al estudio

Una evaluación del ejemplo en 8.3.3, con propósitos ilustrativos, indica que se pueden justificar distintos análisis de sensibilidad para el ejemplo en cuestión. Considerando las reglas y procedimientos metodológicos, la asignación de reciclaje a lazo abierto es ciertamente un ejemplo importante debido al valor elegido del factor de asignación. Además, la calidad de los datos es importante - cuán actualizados, que tan precisos en su recolección y agregados, etc. Más aún, en relación

con su calidad, desde que se consideran distintos sitios de fabricación, los valores promedio usados en el estudio podrían reflejar una variabilidad sustancial que necesitaría ser considerada. Otro análisis de sensibilidad potencial podría ser el rango de distancias transportadas en la distribución del producto primario.

Estas y otras situaciones deberían ser analizadas hasta el final del estudio. En casos prácticos, se realizarán más de un análisis de sensibilidad. En pos de la brevedad, seleccionamos un análisis de sensibilidad sobre los procedimientos de asignación. Hay otras razones para seleccionar los procedimientos de asignación. Una evaluación de la fórmula y del procedimiento específico de asignación - basado en el número de usos - revela que el factor de asignación podría variar significativamente en altos niveles de reciclaje y de acuerdo al número de usos.

Los datos sobre los cuales se basaron las tasas de reciclaje para el producto primario y para otros co-productos, corresponden a estadísticas nacionales aceptadas y establecidas, tanto por la industria del papel como por agencias gubernamentales. Al respecto, debe ser llevado a cabo un análisis de sensibilidad sobre el procedimiento en sí mismo debido a su importancia.

10.3.3.3 Selección de un intervalo de valores dentro de límites factibles

El procedimiento descrito en el ejemplo de 8.3.3 de reciclaje a lazo abierto, de acuerdo con la NC-ISO 14041, estima el factor de asignación para el producto primario y la totalidad de los usos subsecuentes, el cual es en última instancia una función del número de usos y de la fracción del producto original que está siendo reciclada en otros sistemas.

$$\text{Factor de Asignación, } F = f(u, Z_1)$$

El F para el producto primario (original) fue estimado como 0,6146. Asumiendo una variabilidad combinada realista de +25% y -25%, un rango extremo de valores factibles de F podría ser 0,76 y 0,46.

10.3.4 Cálculos

No es necesaria una iteración completa de todos los resultados del estudio para estas dos condiciones extremas, como tampoco se muestran todos los valores básicos de los resultados en 8.3.3. Alcanza con decir que los resultados no serán directamente proporcionales a los nuevos valores desde que las diferencias específicas se manifiestan en diferentes etapas del sistema producto, de acuerdo con los valores extremos.

Una visión amplia y generalizada de las consecuencias en los resultados básicos, de las suposiciones extremas realizadas para el análisis de sensibilidad se muestran en la siguiente tabla. Con la excepción de parámetros específicos considerados en el estudio (el resultado de la habilidad del analista en su estudio), los siguientes resultados ayudarán en el análisis y en la determinación de la necesidad de un posterior análisis de sensibilidad sobre los componentes del factor de asignación.

Tabla 7 — Consecuencias de diferentes valores de F

ELEMENTOS	0,46= F	0,61= F	0,76 = F
Unidad funcional:			
Masa de producto utilizado	100	100	100
Tasa de reciclaje, Z_1	^a	0,70	^a
Masa de producto reciclado		70	
Número de usos, u	^a	2,225	^a
Cargas:			
Mantenida con el prod. primario	0,46	0,6146	0,76
Llevadas a prod. secundario	0,54	0,3854	0,24
Cantidad producida/100 usadas	54,0	38,54	24,0
Variación con respecto al base (0,61)	15,46	0	14,54
^a Diferentes combinaciones de valores posibles siendo $F = f(u, Z_1)$			

10.3.5 Conclusiones

Lo apropiado de llevar a cabo de un análisis de sensibilidad sobre los procedimientos de asignación está indicado por los resultados anticipados en la Tabla 7. Esta variabilidad es suficientemente significativa como para ser indicada a los lectores del estudio. En este caso específico, también justifica un mayor análisis.

Debido a que F es función tanto del número de usos como de las tasas de reciclaje, podría ser apropiado realizar análisis separados para cada uno de ellos, los cuales habrían indicado, en el caso del ejemplo de 8.3.3, que la fracción de la tasa de reciclaje es la más sensible de los dos elementos que componen el factor de asignación.