

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. INTERPRETACION DEL CICLO DE VIDA (ISO 14043: 2000, IDT)

Environmental management. Life cycle assessment.
Life cycle interpretation

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
Oficina Nacional de Normalización
Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental
Centro de Inspección y Control Ambiental
Centro Nacional de Envases y Embalajes
Instituto de Investigaciones en Normalización
Oficina Nacional de Recursos Minerales
Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
Ministerio de Economía y Planificación
Ministerio de la Industria Pesquera
Ministerio de la Industria Alimenticia
Ministerio de la Industria Sideromecánica
Ministerio del Comercio Exterior
Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción
Ministerio de la Agricultura
Ministerio del Azúcar
CUPET S.A.

Unión de Empresas de Recuperación de Materia Prima
Ministerio de la Industria Básica
Ministerio de Salud Pública
Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología
INTERMAR S.A.
CIMEX S.A.
Ministerio de la Construcción
Registro Cubano de Buques
Ministerio de la Industria Ligera
Unidad del Medio Ambiente de Ciudad de La Habana
Instituto Finlay
Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Oficina Territorial de Normalización de Ciudad de La Habana

- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la versión en inglés de la Norma *ISO 14043:2000 Environmental management – Life cycle assessment - Life cycle interpretation. First edition, 2000-03-01.*
- El Anexo A de esta norma es informativo.

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 Referencias normativas.....	1
3 Términos y términos abreviados.....	1
4 Descripción general de la interpretación del ciclo de vida.....	2
5 Identificación de las cuestiones significativas	3
6 Evaluación	6
7 Conclusiones y recomendaciones	8
8 Informe.....	9
9 Otras investigaciones	9
Anexo A (informativo) Ejemplos de interpretación del ciclo de vida	10

Introducción

Esta norma sobre interpretación del ciclo de vida describe la fase final del procedimiento de análisis del ciclo de vida (ACV), en la que se resumen y discuten los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) y - si fuera realizada - de la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), de manera de, según sea la definición del objetivo y el alcance, extraer conclusiones, formular recomendaciones y tomar decisiones.

Un estudio de ACV comienza con la fase de definición del objetivo y el alcance y finaliza con la fase de interpretación.

La interpretación del ciclo de vida es un procedimiento sistemático para identificar, calificar, verificar y evaluar la información a partir de los resultados del ICV y/o de la EICV de un sistema producto, y para presentar estos resultados de manera de cumplir con los requisitos de aplicación que se describen en el objetivo y el alcance del estudio. Es conveniente que quien emprenda el estudio del ACV esté en estrecho contacto con quien lo haya encargado para asegurar que se hayan considerado las cuestiones específicas. Esta comunicación también tiene que ser mantenida durante la fase de interpretación del ciclo de vida. Por lo tanto, durante toda la fase de interpretación es esencial la transparencia. Es necesario que la persona que realice el estudio del ACV establezca claramente en el informe final las preferencias, las suposiciones y los valores seleccionados usados.

El ACV es una de las varias herramientas que, independientemente de la aplicación, ayuda a tomar decisiones. Puede ser usada por ejemplo para propósitos informativos (documentación del sistema producto existente), para mejoras (implementación de cambios en sistemas producto existentes), o para el establecimiento de un nuevo sistema producto.

La interpretación del ciclo de vida también puede, mediante la racionalización y el enfoque en los resultados, demostrar los vínculos que existen entre el ACV y otras técnicas de gestión ambiental. Por lo tanto, es importante considerar no solamente esta técnica desde la aplicación hasta la fase de interpretación del ciclo de vida (considerando las demás fases) sino también, por ejemplo, el uso concurrente de otras técnicas.

La interpretación del ciclo de vida incluye la comunicación, da credibilidad a los resultados de las otras fases del ACV (es decir, el ICV y la EICV), en una forma que sea comprensible y útil para quien tenga que tomar decisiones.

Mientras que las decisiones basadas en el desempeño técnico, o los aspectos económicos o sociales se encuentran fuera del estudio del ACV, las cuestiones ambientales seleccionadas para incluirlas como parte de la definición del objetivo y el alcance, pueden reflejar estas otras cuestiones.

GESTION AMBIENTAL. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

1 Objeto

Esta norma proporciona requisitos y recomendaciones para llevar a cabo la interpretación del ciclo de vida en estudios de ACV o de ICV.

Esta norma no describe metodologías específicas para la fase de interpretación del ciclo de vida en estudios de ACV e ICV.

2 Referencias normativas

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones, los cuales, mediante su cita en el texto, se transforman en disposiciones válidas para la presente norma. Las ediciones indicadas son las vigentes en el momento de su publicación. Todo documento es susceptible de ser revisado y las partes que realicen acuerdos basados en esta norma se deben esforzar para buscar la posibilidad de aplicar sus ediciones más recientes. La Oficina Nacional de Normalización mantiene registros actualizados de las normas.

NC-ISO 14040:1999 - Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructura.

NC-ISO 14041:2000 - Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance y análisis del inventario.

NC-ISO 14042:2001 - Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida.

NC-ISO 14050¹⁾ - Gestión ambiental. Vocabulario.

3 Términos y términos abreviados

3.1 Términos y definiciones

Para el propósito de esta norma se aplican los términos y definiciones dados en las normas NC-ISO 14040, NC-ISO 14041, NC-ISO 14042 y NC-ISO 14050 y las siguientes:

3.1.1 verificación de integridad. Proceso para verificar si la información de las fases precedentes de un estudio de ACV o de ICV es suficiente para lograr conclusiones, de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance.

3.1.2 verificación de coherencia. Proceso para verificar que las suposiciones, los métodos y los datos son aplicados coherentemente en el estudio y están de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance.

NOTA: Es conveniente que la verificación de la coherencia sea realizada antes de que se extraigan las conclusiones.

¹⁾ En elaboración

3.1.3 evaluación < interpretación del ciclo de vida >. Segundo paso en la fase de interpretación del ciclo de vida para establecer confianza en los resultados del estudio de ACV o de ICV.

NOTA: La evaluación incluye las verificaciones de integridad, sensibilidad y coherencia, y cualquier otra validación que pueda requerirse de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance del estudio.

3.1.4 verificación de sensibilidad. Proceso para verificar que la información obtenida de un análisis de sensibilidad es pertinente para extraer conclusiones y formular recomendaciones.

3.2 Términos abreviados

ACV Análisis del ciclo de vida.

ICV Análisis del inventario del ciclo de vida.

EICV Evaluación del impacto del ciclo de vida.

4 Descripción general de la interpretación del ciclo de vida

4.1 Objetivos de la interpretación del ciclo de vida

Los objetivos de la interpretación del ciclo de vida son analizar los resultados, extraer conclusiones, explicar las limitaciones y formular recomendaciones basadas en los hallazgos de las fases precedentes del estudio de ACV o de ICV, e informar los resultados de la interpretación del ciclo de vida de una manera transparente.

La interpretación del ciclo de vida está ideada también para proveer una presentación fácilmente comprensible, completa y coherente de los resultados del estudio de ACV o del ICV, de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance del estudio.

4.2 Características clave de la interpretación del ciclo de vida

Las características claves de la interpretación del ciclo de vida son:

- a) el uso de un procedimiento sistemático para identificar, calificar, verificar, evaluar y presentar las conclusiones basadas en los hallazgos de un estudio de ACV o del ICV, para cumplir con los requisitos de la aplicación según se describe en el objetivo y el alcance del estudio;
- b) el uso de un procedimiento iterativo tanto en la fase de interpretación como en las otras fases de un ACV o en un estudio de ICV;
- c) la provisión de vínculos entre el ACV y otras técnicas de gestión ambiental, enfatizando las fortalezas y los límites de un estudio de ACV o del ICV en relación con la definición del objetivo y alcance.

4.3 Elementos de la interpretación del ciclo de vida

La fase de interpretación en un estudio de ACV o de ICV comprende los tres elementos siguientes, que se describen en la Figura 1:

- la identificación de las cuestiones significativas basadas en los resultados de las fases ICV y EICV del ACV;
- la evaluación, que considera entre otras las verificaciones de integridad, sensibilidad y coherencia;
- las conclusiones, las recomendaciones y el informe.

4.4 Relación entre las fases del ACV

La relación entre la fase de interpretación y las otras fases del ACV se muestra en la Figura 1.

Las fases de definición del objetivo y alcance y de interpretación del análisis del ciclo de vida enmarcan el estudio, en tanto que las otras fases del ACV (ICV y EICV) generan la información del sistema producto.

5 Identificación de las cuestiones significativas

5.1 Objetivo

NOTA: Para ejemplos, ver el capítulo A.2 en el Anexo A.

El objetivo de este elemento es ordenar los resultados de las fases del ICV o de la EICV para determinar las cuestiones significativas, de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance e interactivamente con el elemento evaluación.

El propósito de esta interacción es incluir las implicancias del método usado, las suposiciones formuladas, etc., en las fases precedentes, tales como reglas de asignación, decisiones de criterios de corte, selección de categorías de impacto, indicadores y modelos de categoría, etc.

5.2 Identificación y ordenamiento de la información

De los hallazgos de las fases precedentes del ACV o de un estudio de ICV, se requieren cuatro tipos de información diferentes.

- a) los hallazgos de estas fases (ICV y EICV), los cuales deben ser reunidos y ordenados junto con la información sobre la calidad de los datos.

Es conveniente que estos resultados sean ordenados de una manera apropiada, por ejemplo, de acuerdo con las etapas en el ciclo de vida, los diferentes procesos u operaciones unitarias del sistema producto, el transporte, el suministro de energía y la gestión de los residuos. Esto puede estar en forma de listas de datos, tablas, diagramas de barras u otra representación apropiada de las entradas y salidas y/o de los resultados de los indicadores de categoría. Por lo tanto, todos los re-

sultados pertinentes disponibles en el momento deben ser recolectados y consolidados para análisis posteriores;

- b) las elecciones metodológicas, tales como las reglas de asignación y los límites del sistema producto a partir del ICV y los indicadores y modelos de categoría usados en la EICV;
- c) el valor de las elecciones usadas en el estudio, como fueron definidas en el objetivo y el alcance del estudio;
- d) el rol y las responsabilidades de las diferentes partes interesadas, como fueron definidas en el objetivo y el alcance en relación con la aplicación, y también los resultados de la revisión crítica concurrente, si fuera realizada.

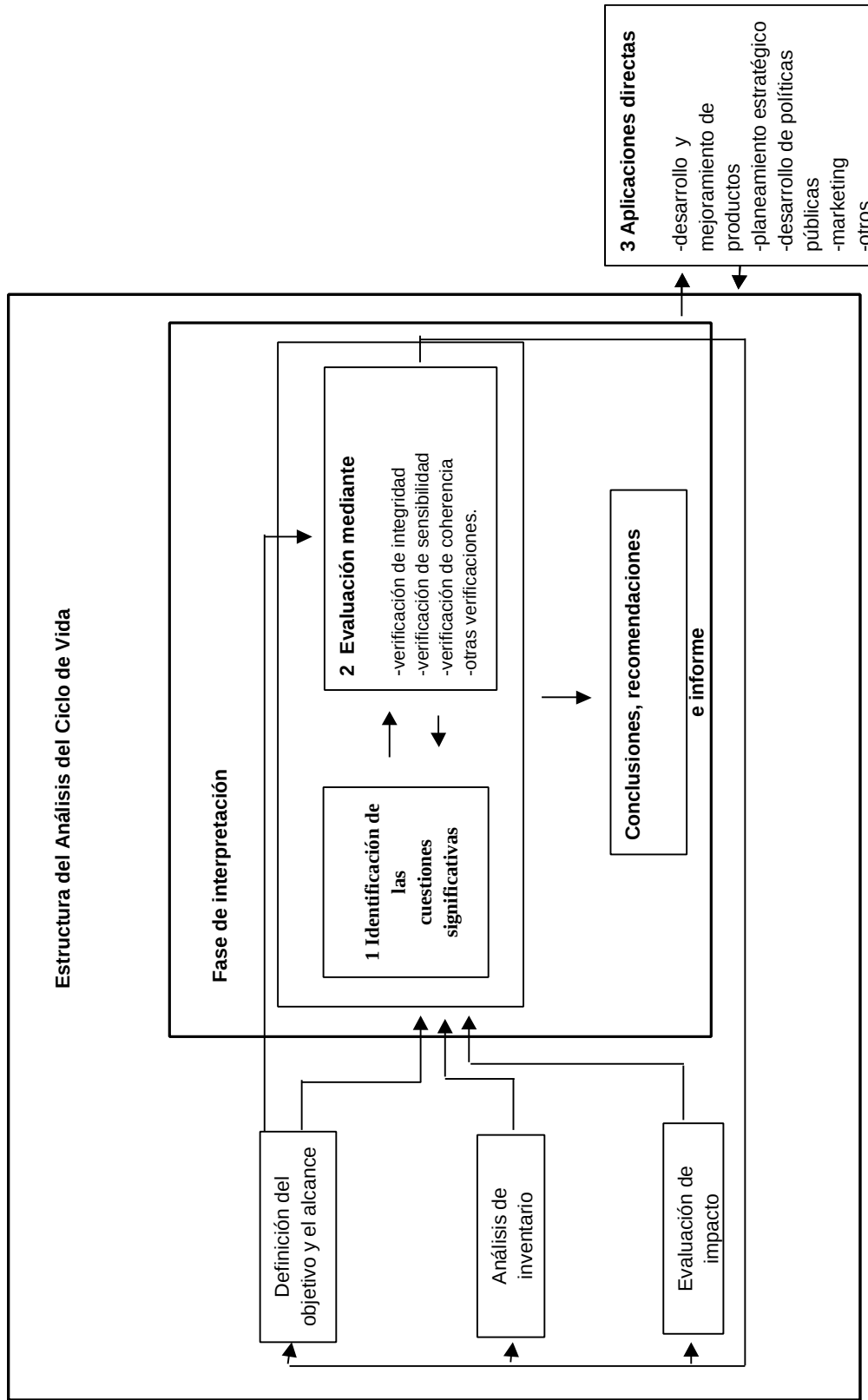


Figura 1 – Relaciones de los elementos de la fase de interpretación con las otras fases del ACV

5.3 Determinación de las cuestiones significativas

Cuando se haya encontrado que los resultados de las fases precedentes (ICV, EICV) cumplen las demandas del objetivo y el alcance del estudio, se debe determinar la significancia de esos resultados. Con este propósito se usan los resultados del ICV y/o de la EICV. Es conveniente que esto se realice como un proceso iterativo con el elemento evaluación.

Las cuestiones significativas pueden ser:

- las categorías de datos del inventario, tales como energía, emisiones, residuos, etc.;
- las categorías de impacto, tales como uso de recursos, potencial de calentamiento global, etc.;
- las contribuciones esenciales de las etapas del ciclo de vida a los resultados del ICV o la EICV, tales como procesos unitarios individuales o grupos de procesos como el transporte y la producción de energía.

La determinación de las cuestiones significativas de un sistema producto puede ser simple o compleja. Esta norma no provee directivas sobre por qué una cuestión puede ser o no pertinente en un estudio, o por qué una cuestión puede o no ser significativa para un sistema producto.

Para identificar las cuestiones ambientales y determinar su significación, hay disponibles varios enfoques, métodos y herramientas específicos.

6 Evaluación

6.1 Objetivos y requisitos

NOTA: Para ejemplos, ver el capítulo A.3 en el Anexo A

Los objetivos del elemento evaluación son establecer y aumentar la confiabilidad de los resultados del estudio de ACV o de ICV, incluyendo las cuestiones significativas identificadas en el primer elemento de la interpretación. Es conveniente que los resultados sean presentados de una manera que brinden una visión clara y comprensible del resultado del estudio, a quien lo haya encargado o a cualquier otra parte interesada.

La evaluación debe ser efectuada de acuerdo con el objetivo y el alcance, y es conveniente que se tome en cuenta el uso final previsto de los resultados del estudio.

Durante la evaluación se debe considerar el uso de las técnicas que se detallan a continuación:

- a) verificación de integridad;
- b) verificación de sensibilidad;
- c) verificación de coherencia.

Es conveniente que los resultados de los análisis de incertidumbre y el análisis de calidad de los datos completen estas verificaciones.

6.2 Verificación de integridad

6.2.1 Objetivo

El objetivo de la verificación de integridad es asegurar que toda la información pertinente y los datos necesarios para la interpretación estén disponibles y completos.

6.2.2 Información perdida o incompleta

Si alguna información pertinente se ha perdido o está incompleta, se debe considerar si esta información es necesaria para satisfacer el objetivo y el alcance del estudio.

En caso de que esta información se considere innecesaria, es conveniente que se registren los motivos, luego de lo cual será posible proseguir con la evaluación.

Si la información perdida se considera necesaria para determinar las cuestiones significativas, es conveniente que se revisen las fases precedentes (ICV y EICV), o como alternativa se puede redefinir el objetivo y el alcance.

Se debe registrar este hallazgo y su justificación.

6.3 Verificación de sensibilidad

6.3.1 Objetivo

El objetivo de la verificación de sensibilidad es evaluar la confiabilidad de los resultados finales y las conclusiones, determinado si la incertidumbre en los datos, los métodos de asignación o el cálculo de los resultados del indicador de categoría la afectan.

Este análisis debe incluir los resultados de los análisis de sensibilidad e incertidumbre si se los ha realizado en las fases precedentes (ICV, EICV), y puede indicar la necesidad de análisis de sensibilidad posteriores.

6.3.2 Recomendaciones para realizar una verificación de sensibilidad

El nivel de detalle requerido en la verificación de sensibilidad depende principalmente de los resultados del análisis del inventario y, si fuera realizada, de la evaluación del impacto.

En la verificación de sensibilidad se debe dar consideración a:

- las cuestiones predeterminadas por el objetivo y el alcance del estudio de ACV o de ICV;
- los resultados de las otras fases del estudio de ACV o de ICV y;
- los juicios de expertos y las experiencias previas.

El resultado de la verificación de sensibilidad determina la necesidad de un análisis de sensibilidad más extenso y/o preciso, así como también los efectos aparentes sobre los resultados del estudio.

La posibilidad de que una verificación de sensibilidad no encuentre diferencias significativas entre diferentes alternativas de estudios no conduce automáticamente a la conclusión de que tales diferencias no existen. Puede haber diferencias pero pueden no ser identificadas o cuantificadas debido a incertidumbres relacionadas con los datos y los métodos usados.

La ausencia de diferencias significativas puede ser el resultado final del estudio.

Cuando el ACV sea usado para servir de apoyo a una aseveración comparativa que se va a comunicar al público, el elemento evaluación debe incluir declaraciones interpretativas basadas en un análisis de sensibilidad detallado.

6.4 Verificación de coherencia

6.4.1 Objetivo

El objetivo de la verificación de coherencia es determinar si las suposiciones, los métodos y los datos son coherentes con el objetivo y el alcance.

6.4.2 Lista de control

Si fuera pertinente para el estudio de ACV, o requerido como parte de la definición del objetivo y el alcance, se deben considerar las preguntas siguientes:

- ¿Hay diferencias en la calidad de los datos a lo largo del ciclo de vida del sistema producto y entre sistemas productos diferentes que sean coherentes con el objetivo y el alcance del estudio?
- Si hubiera diferencias regionales y/o temporales. ¿Éstas han sido coherentemente aplicadas?
- ¿Han sido coherentemente aplicadas a todos los sistemas producto las reglas de asignación y los límites de los sistemas?
- ¿Han sido coherentemente aplicados los elementos de la evaluación del impacto?

7 Conclusiones y recomendaciones

7.1 Objetivo

El objetivo de este tercer elemento de la interpretación del ciclo de vida es extraer conclusiones y formular recomendaciones a la audiencia a la que está destinada el estudio de ACV o el ICV.

7.2 Conclusiones

Es conveniente que el proceso para extraer conclusiones sea hecho interactivamente con los otros elementos de la fase interpretación del ciclo de vida. A continuación se menciona una secuencia lógica para ese proceso:

- a) identificar las cuestiones significativas;
- b) evaluar la metodología y los resultados de la integridad, la sensibilidad y la coherencia;
- c) extraer conclusiones preliminares y verificar que ellas sean coherentes con los requisitos del objetivo y el alcance del estudio, incluyendo en particular, los requisitos de la calidad de los datos, las suposiciones y los valores predefinidos, y los requisitos orientados a la aplicación.
- d) si las conclusiones son coherentes se las informa como conclusiones detalladas. Si así no fuera, se vuelve a los pasos a), b) o c), según corresponda.

7.3 Recomendaciones

Es conveniente que, cada vez que sea apropiado para el objetivo y el alcance del estudio, se justifiquen las recomendaciones específicas a quienes tengan que tomar decisiones.

Las recomendaciones deben basarse en las conclusiones finales del estudio, y deben reflejar una consecuencia lógica y razonable de esas conclusiones.

Es conveniente que las recomendaciones se relacionen con la aplicación prevista, según se menciona en la norma NC-ISO 14040.

8 Informe

El informe debe suministrar una relación completa e imparcial del estudio, como se detalla en la norma NC-ISO 14040.

Al informar la fase de interpretación, se debe observar estrictamente una plena transparencia respecto de los valores elegidos, los fundamentos y los juicios expertos formulados.

9 Otras investigaciones

9.1 Revisión crítica

Se debe registrar la decisión sobre el tipo de revisión crítica a llevar a cabo.

NOTA: Los tipos de revisión crítica se mencionan en el apartado 7.3 de la norma NC-ISO 14040.

Cuando el estudio sea usado para servir de apoyo a una aseveración comparativa que se va a comunicar al público, se debe realizar una revisión crítica como se menciona en el apartado 7.3.3 de la norma NC-ISO 14040.

Anexo A (informativo)

Ejemplos de interpretación del ciclo de vida

A.1 Generalidades

Este anexo informativo está destinado a proveer ejemplos de los elementos de la fase interpretación en un estudio de ACV o un ICV, para ayudar a los usuarios a comprender cómo puede ser llevada a cabo la interpretación del ciclo de vida.

A.2 Ejemplos para la identificación de las cuestiones significativas

El elemento identificación (ver capítulo 5) se lleva a cabo por iteración con el elemento evaluación (ver capítulo 6) y consiste en la identificación y el ordenamiento de la información y la determinación posterior de las cuestiones significativas.

El ordenamiento de los datos y la información disponibles es un proceso iterativo que se emprende junto con las fases ICV y, si se realizara, EICV, además de la definición del objetivo y el alcance. El ordenamiento de la información puede completarse previamente en el ICV o en la EICV, y está destinado a proveer una visión de los resultados de las fases anteriores. Esto facilita la determinación de cuestiones importantes y pertinentes desde el punto de vista ambiental, además de extraer conclusiones y formular recomendaciones.

Toda determinación posterior se realiza mediante el uso de técnicas analíticas sobre la base de este proceso de ordenamiento.

Dependiendo del objetivo y el alcance del estudio, pueden ser útiles diferentes enfoques de ordenamiento. Entre otros, se puede recomendar los siguientes:

- a) la diferenciación entre *etapas individuales del ciclo de vida*; por ejemplo, la producción de materiales, la fabricación del producto estudiado, el uso, el reciclado y el tratamiento de residuos (ver Tabla A.1);
- b) la diferenciación entre *grupos de procesos*; por ejemplo, el transporte, el suministro de energía (ver Tabla A.4);
- c) la diferenciación entre procesos según diferentes grados de *influencia de la gestión*; por ejemplo, procesos propios, en los que se pueden controlar los cambios y las mejoras y procesos determinados por responsabilidad externa, tales como la política energética nacional, las condiciones límite específicas de los proveedores, etc. (ver Tabla A.5);
- d) la diferenciación entre *procesos unitarios* individuales. Este enfoque es el que posibilita la mayor resolución.

El resultado de este proceso de ordenamiento puede presentarse según una matriz en la que, por ejemplo, los criterios de diferenciación arriba citados forman las columnas, y las entradas y salidas del inventario o los resultados de los indicadores de categoría individuales forman las filas.

Para un examen más detallado, también es posible emprender este procedimiento de ordenamiento para las categorías de impacto individuales.

La determinación de cuestiones significativas se basa en la información organizada.

Los datos sobre la pertinencia de las categorías de datos de inventario individuales pueden predefinirse en la definición del objetivo y el alcance, o encontrarse disponibles a partir del análisis del inventario o de otras fuentes, tales como el sistema de gestión ambiental o la política ambiental de la compañía.

Hay varios métodos posibles. Dependiendo del objetivo y el alcance del estudio y del nivel de detalle requerido, se puede recomendar el uso de los métodos siguientes:

- *análisis de contribución*, en el cual la contribución de las etapas del ciclo de vida (ver las Tablas A.2 y A.8) o de grupos de procesos (ver la Tabla A.4) al resultado total, se examina mediante por ejemplo, la expresión de la contribución en porcentaje del total;
- *análisis de importancia*, en el cual se examinan las contribuciones extraordinarias o significativas (ver la Tabla A.3) por medio de herramientas estadísticas u otras técnicas, tales como la clasificación cuantitativa o cualitativa (por ejemplo, el análisis ABC);
- *análisis de influencia*, en el cual se examina la posibilidad de influencia sobre las cuestiones ambientales (ver la Tabla A.5);
- *evaluación de anomalías*, en la cual sobre la base de experiencias previas, se observan desviaciones inusuales o inesperadas respecto de resultados normales o esperados. Esto permite un control posterior y guía para la evaluación de mejoras (ver la Tabla A.6).

El resultado de este proceso de determinación puede también presentarse como una matriz, en la cual los criterios de diferenciación arriba citados forman las columnas, y las entradas y salidas del inventario o los resultados del indicador de categoría, forman las filas.

Para obtener un examen más detallado, también es posible emprender este procedimiento para las entradas y salidas seleccionadas del inventario a partir de la definición del objetivo y alcance, o para las categorías de impacto únicas. En este proceso de identificación no se cambia ni se recalcula ningún dato. La única modificación que se hace es la conversión a porcentajes u otras.

En las tablas siguientes se dan ejemplos de cómo se puede realizar este proceso de ordenamiento. Los métodos de ordenamiento propuestos son convenientes tanto para el ICV como para los resultados posibles de la EICV.

Los criterios de ordenamiento se basan tanto en los requisitos específicos de la definición del objetivo y alcance como en los hallazgos del ICV o de la EICV.

La Tabla A.1 proporciona un ejemplo del ordenamiento de las entradas y salidas del ICV mediante la agrupación de procesos unitarios, que representan varias etapas del ciclo de vida, y que son expresadas como porcentajes en la Tabla A.2.

Tabla A.1 — Ordenamiento de las entradas y salidas del ICV en las etapas del ciclo de vida

Entrada/Salida del ICV	Producción de materiales kg	Procesos de fabricación kg	Etapas de uso kg	Otros kg	Total kg
Carbón	1 200	25	500	-	1 725
CO ₂	4 500	100	2 000	150	6 750
NO _x	40	10	20	20	90
Fosfatos	2,5	25	0,5	-	28
AOX ^a	0,05	0,5	0,01	0,05	0,61
Residuos municipales	15	150	2	5	172
Restos de procesos	1 500	-	-	250	1 750
^a AOX = halogenuros orgánicos absorbibles					

El análisis de las contribuciones de los resultados del ICV según de la Tabla A.1 identifica los procesos o las etapas del ciclo de vida que más contribuyen a las diferentes entradas y salidas.

Considerando lo anterior, una evaluación posterior puede revelar y establecer el significado y la estabilidad de esos hallazgos, que luego serán la base para extraer conclusiones y formular recomendaciones. Esta evaluación, puede ser cualitativa o cuantitativa.

Tabla A.2 — Contribuciones porcentuales de las entradas y salidas del ICV en las etapas del ciclo de vida

Entrada/Salida del ICV	Producción de materiales %	Procesos de fabricación %	Etapas de uso %	Otros %	Total %
Carbón	69,6	1,5	28,9	-	100
CO ₂	66,7	1,5	29,6	2,2	100
NO _x	44,5	11,1	22,2	22,2	100
Fosfatos	8,9	89,3	1,8	-	100
AOX	8,2	82,0	1,6	8,22	100
Residuos municipales	8,7	87,2	1,2	2,9	100
Restos de producción	85,7	-	-	14,3	100

Además, esos resultados pueden ser clasificados y priorizados mediante procedimientos de clasificación individuales o reglas predefinidas a partir de la definición del objetivo y el alcance.

La Tabla A.3 muestra los resultados de este procedimiento de clasificación según los criterios siguientes:

A: de máxima importancia, influencia significativa, por ejemplo, contribución > 50%

B: muy importante, gran influencia, por ejemplo, 25% < contribución ≤ 50%

C: bastante importante, alguna influencia, por ejemplo, 10% < contribución ≤ 25%

D: poco importante, menor influencia, por ejemplo, 2,5% < contribución ≤ 10%

E: sin importancia, influencia insignificante, por ejemplo, contribución < 2,5%.

Tabla A.3 — Clasificación de las entradas y salidas del ICV en las etapas del ciclo de vida

Entrada/Salida del ICV	Producción de materiales	Procesos de fabricación	Etapas de uso	Otros	Total
Carbón	A	E	B	-	1 725
CO ₂	A	E	B	D	6 750
NO _x	B	C	C	C	90
Fosfatos	D	A	E	-	28
AOX	D	A	E	D	0,61
Residuos municipales	D	A	E	D	172
Restos de producción	A	-	-	C	1 750

En la Tabla A.4, se usa el mismo ejemplo de ICV para mostrar otra posible opción de ordenamiento. Esta tabla, muestra el ejemplo de ordenamiento de las entradas y salidas del ICV en diferentes grupos de procesos.

Tabla A.4 — Matriz de ordenamiento clasificada por grupos de procesos

Entrada/Salida del ICV	Suministro de energía kg	Transporte kg	Otros kg	Total kg
Carbón	1 500	75	150	1 725
CO ₂	5 500	1 000	250	6 750
NO _x	65	20	5	90
Fosfatos	5	10	13	28
AOX	0,01	-	0,6	0,61
Residuos municipales	10	120	42	172
Restos de producción	1 000	250	500	1 750

Las otras técnicas, como la determinación de la contribución porcentual de las entradas y salidas y la clasificación según criterios seleccionados siguen el mismo procedimiento que se muestra en las Tablas A.2 y A.3.

La Tabla A.5 muestra un ejemplo de las entradas y salidas del ICV, clasificadas según el grado de influencia y organizadas en grupos de procesos unitarios, que representan grupos de procesos para diferentes entradas y salidas del ICV. El grado de influencia se indica según:

A: control significativo, grandes posibilidades de mejora.

B: control pequeño, algunas posibilidades de mejora

C: sin control

Tabla A.5 — Clasificación de las entradas y salidas del ICV según el grado de influencia y organizadas en grupos de procesos unitarios.

Entrada/Salida del ICV	Matriz energética	Suministro de energía en el sitio	Transporte	Otros	Total kg
Carbón	C	A	B	B	1 725
CO ₂	C	A	B	A	6 750
NO _x	C	A	B	C	90
Fosfatos	C	B	C	A	28
AOX	C	B	-	A	0,61
Residuos municipales	C	A	C	A	172
Restos de producción	C	C	C	C	1 750

La Tabla A.6 muestra un ejemplo de resultados de ICV, evaluados con respecto a anomalías y resultados inesperados, y organizados en grupos de procesos unitarios para diferentes entradas y salidas del ICV. Las anomalías y los resultados inesperados se señalan según:

•: resultado no esperado, por ejemplo, contribución demasiado alta o demasiado baja

#: anomalía, por ejemplo, ciertas emisiones donde se suponía que ellas no ocurrirían

o: sin comentarios.

Las anomalías pueden representar errores en los cálculos o en la transferencia de datos. Por lo tanto, es conveniente considerarlas cuidadosamente. Se recomienda verificar los resultados del ACV o del ICV antes de elaborar las conclusiones.

Es conveniente que los resultados no esperados sean re-examinados y verificados.

Tabla A.6 — Anomalías y resultados inesperados de las entradas y salidas del ICV de grupos de procesos

Entrada/Salida del ICV	Matriz energética	Suministro de energía en el sitio	Transporte	Otros	Total kg
Carbón	0	0	•	0	1 725
CO ₂	0	0	•	0	6 750
NO _x	0	0	0	0	90
Fosfatos	0	0	#	0	28
AOX	0	0	0	0	0,61
Residuos municipales	0	•	0	•	172
Residuos de producción	0	0	0	0	1 750

En el ejemplo de la Tabla A.7 se proporciona un posible proceso de ordenamiento sobre la base de los resultados de la EICV. Este ejemplo muestra un resultado de indicador de categoría, el potencial de calentamiento global (PCG), ordenado en grupos de procesos unitarios que representan las etapas del ciclo de vida para los diferentes indicadores de categoría.

El análisis de la contribución de las sustancias específicas a los resultados del indicador de categoría de la Tabla A.7 identifica los procesos o las etapas del ciclo de vida que más contribuyen.

Tabla A.7 — Ordenamiento de los resultados del indicador de categoría (PCG) según las etapas del ciclo de vida

Potencial de calentamiento global del	Producción de materiales equiv de CO ₂	Procesos de fabricación equiv de CO ₂	Etapas de uso equiv de CO ₂	Otros equiv de CO ₂	Total PCG Equiv de CO ₂
CO ₂	500	250	1 800	200	2 750
CO	25	100	150	25	300
CH ₄	750	50	100	150	1 050
N ₂ O	1 500	100	150	50	1 800
CF ₄	1 900	250	-	-	2150
Otros	200	150	120	80	550
Total	4 875	900	2 320	505	8 600

Tabla A.8 — Ordenamiento de los resultados del indicador de categoría (PCG) según las etapas del ciclo de vida, expresados como porcentaje.

Potencial de calentamiento global del	Producción de materiales %	Procesos de fabricación %	Fases de uso %	Otros %	Total PCG %
CO ₂	5,8	2	20,9	2,3	31,9
CO	0,3	1,1	1,7	0,3	3,4
CH ₄	8,7	0,6	1,2	1,8	12,3
N ₂ O	17,4	1,2	1,8	0,6	21
CF ₄	22,1	2,9	-	-	25,0
Otros	2,4	1,7	1,4	0,9	6,4
Total	56,7	10,4	27	5,9	100

Además, se pueden considerar las cuestiones metodológicas mediante, por ejemplo, la concreción de diferentes opciones como escenarios. La influencia de, por ejemplo, las reglas de asignación y las elecciones de los criterios de corte pueden ser examinadas fácilmente mostrando también resultados en paralelo obtenidos sobre la base de otras suposiciones, o determinando que emisiones realmente ocurrieron.

De la misma manera, se puede ilustrar la influencia de los factores de caracterización en la EICV (por ejemplo, PCG 100 versus PCG 500), o los grupos de datos elegidos para la normalización y la ponderación, si fueran aplicables, demostrando las diferencias en el efecto de las diversas suposiciones sobre el resultado.

En resumen, la identificación tiene por finalidad proveer un enfoque organizado para la evaluación final de los datos del estudio, la información y los hallazgos. Los temas recomendados para ser considerados son, entre otros:

- las categorías de datos *de inventario* individuales: emisiones, recursos energéticos y de materias primas, residuos, etc.;
- los *procesos* individuales, procesos unitarios o grupos de procesos;
- las *etapas del ciclo de vida* individuales;
- los *indicadores de categoría* individuales.

A.3 Ejemplos del elemento evaluación

A.3.1 Generalidades

El elemento evaluación es un procedimiento que se realiza simultáneamente con el del elemento Identificación. En un procedimiento iterativo, se discuten con más detalle varias cuestiones y tareas para determinar la confiabilidad y la estabilidad de los resultados del elemento identificación.

A.3.2 Verificación de integridad

La verificación de integridad tiene por finalidad asegurar que se ha usado la información y los datos detallados de todas las fases, y que están disponibles para la interpretación.

Además, se identifican los datos faltantes y se evalúa la necesidad de completar los datos obtenidos. El elemento identificación es una base valiosa para estas consideraciones. La Tabla A.9 muestra un ejemplo de la verificación de integridad con dos opciones posibles. No obstante, la verificación de integridad puede ser sólo un valor empírico, para asegurar que no se hayan olvidado aspectos conocidos importantes.

Tabla A.9 — Resumen de la verificación de integridad

Proceso unitario	Opción A	Completo?	Acción requerida	Opción B	Completo?	Acción requerida
Producción de materiales	X	Sí		X	Sí	
Suministro de energía	X	Sí		X	No	Recalcular
Transporte	X	?	Controlar el inventario	X	Sí	
Procesamiento	X	No	Controlar el inventario	X	Sí	
Empaque	X	Sí		-	No	Comparar con A
Uso	X	?	Comparar con B	X	Sí	
Fin de la vida útil	X	?	Comparar con B	X	?	Comparar con A
X: datos de entrada disponibles. - : sin datos de entrada presentes.						

Los resultados de la Tabla A.9 muestran que se necesitan realizar varias tareas. En el caso de recalcular o volver a verificar el inventario original, se requiere un ciclo de realimentación.

Por ejemplo, en el caso de un producto para el cual no se conoce la gestión de residuos, se podría realizar una comparación entre dos opciones posibles. Esta comparación puede conducir a un estudio de más profundidad de la fase gestión de residuos, o a la conclusión de que la diferencia entre las dos alternativas no es significativa o no es pertinente para el objetivo y el alcance dados.

La base para esta comparación es usar una lista de control que incluya los parámetros requeridos del inventario (tales como emisiones, recursos energéticos y de materias primas, residuos, etc.), las etapas del ciclo de vida y los procesos requeridos, además de los indicadores de categoría requeridos, etc.

A.3.3 Verificación de sensibilidad

El análisis de sensibilidad (verificación de sensibilidad) trata de determinar la influencia que las variaciones en las suposiciones, los métodos y los datos tienen sobre los resultados. Se debe controlar principalmente la sensibilidad sobre las cuestiones más significativas. El procedimiento de análisis de sensibilidad es una comparación de los resultados obtenidos usando ciertas suposiciones, métodos o datos con los resultados obtenidos luego de alterar esas suposiciones, métodos o datos.

En el análisis de sensibilidad se verifica habitualmente la influencia sobre los resultados al variar las suposiciones y los datos en algún intervalo, por ejemplo, de $\pm 25\%$.

Luego se comparan ambos tipos de resultados. La sensibilidad puede expresarse como porcentaje de cambio o como desviación absoluta de los resultados. De esta forma, se pueden identificar cambios significativos en los resultados (por ejemplo, mayores que 10%).

La realización de un análisis de sensibilidad puede además, ser requerida en la etapa de definición del objetivo y el alcance, o ser determinada durante el estudio, basada en la experiencia o en las suposiciones. El análisis de sensibilidad podría considerarse valioso para los siguientes ejemplos de suposiciones, métodos o datos.

- reglas de asignación;
- criterios de corte;
- establecimiento de los límites y definición del sistema;
- juicios y suposiciones respecto de los datos;
- selección de la categoría de impacto;
- asignación de los resultados del inventario (clasificación);
- cálculo de los resultados del indicador de categoría (caracterización);
- datos normalizados;
- datos ponderados;
- método de ponderación;
- calidad de los datos.

Las Tablas A.10, A.11 y A.12 demuestran cómo se puede realizar la verificación de sensibilidad usando los resultados del análisis de sensibilidad existente del ICV y de la EICV.

Tabla A.10 — Verificación de sensibilidad en la regla de asignación

Demanda de carbón	Opción A	Opción B	Diferencia
Asignación por masa, MJ	1 200	800	400
Asignación por valor económico, MJ	900	900	0
Desviación, MJ	- 300	+ 100	400
Desviación, %	- 25	+ 12,5	Significativa
Sensibilidad, %	25	12,5	

La conclusión que se puede extraer de la Tabla A.10, es que la asignación tiene una influencia significativa, y que en estas circunstancias no existe una verdadera diferencia entre las opciones A y B debido a que en ambos casos las desviaciones son importantes.

Tabla A.11 — Verificación de sensibilidad en la incertidumbre de los datos

Demanda de carbón	Producción de materiales	Procesos de fabricación	Fases de uso	Total
Caso base, MJ	200	250	350	800
Suposición alterada, MJ	200	150	350	700
Desviación, MJ.	0	-100	0	-100
Desviación, %	0	-40		-12,5
Sensibilidad, %	0	40	0	12,5

La conclusión que se puede extraer de la Tabla A.11 es que ocurren cambios significativos, y que las variaciones alteran el resultado. Si la incertidumbre tiene influencia significativa se recomienda la nueva recolección de datos.

Tabla A.12 — Verificación de sensibilidad en datos de caracterización

Entrada de datos / efectos del PCG	Opción A	Opción B	Diferencia
Puntaje para el PCG= 100 equiv deCO ₂	2 800	3 200	400
Puntaje para el PCG= 500 equiv de CO ₂	3 600	3 400	- 200
Desviación	+ 800	+ 200	600
Desviación, %	+ 28,6	+ 6,25	Significativa
Sensibilidad, %	28,6	6,25	

Las conclusiones que se pueden extraer de la Tabla A.12, son que ocurren cambios significativos, que las suposiciones alteradas pueden cambiar o aún revertir las conclusiones, y que la diferencia entre las opciones A y B es más pequeña que la que se esperaba originalmente.

A.3.4 Verificación de coherencia

La verificación de coherencia tiene por finalidad determinar si las suposiciones, los métodos, los modelos y los datos son coherentes a lo largo del ciclo de vida de un producto o entre varias opciones. Son incoherencias, por ejemplo:

- a) diferencias en las *fuentes de datos*. Por ejemplo, la opción A está basada en datos bibliográficos, en tanto que la opción B se basa en datos primarios;
- b) diferencias en la *exactitud de los datos*. Por ejemplo, en la opción A se dispone de la descripción del proceso y de un diagrama de flujo detallado, mientras que en la opción B se trata al sistema como una caja negra;
- c) diferencias en la *tecnología*. Por ejemplo, la opción A está basada en un proceso experimental (por ejemplo, un nuevo catalizador con una alta eficiencia de proceso en una planta piloto), en tanto que la opción B se basa en una tecnología de gran escala madura;
- d) diferencias en la *actualización tecnológica*. Por ejemplo, la opción A describe una tecnología desarrollada recientemente, mientras que la opción B se describe mediante una mezcla de tecnologías, incluyendo plantas existentes y otras recientemente construidas;
- e) diferencias en la *antigüedad de los datos*. Por ejemplo, los datos primarios para la opción A tienen cinco años de antigüedad, en tanto que los de la opción B fueron recolectados recientemente;
- f) diferencias en la *distribución geográfica*. Por ejemplo, los datos para la opción A describen una mezcla representativa de tecnologías europeas, mientras que la opción B es representativa de un país miembro de la Unión Europea con una muy buena política de protección ambiental, o de una única planta.

Algunas de estas incoherencias pueden ser ajustadas con la definición del objetivo y el alcance. En todos los otros casos, existen diferencias significativas y se necesita considerar su validez e influencia antes de extraer conclusiones y formular recomendaciones.

La Tabla A.13 proporciona un ejemplo de los resultados de una verificación de coherencia en un estudio de ACV.

Tabla A.13 — Resultados de una verificación de coherencia

Verificación	Opción A		Opción B		Comparación entre A y B?	Acción por tomar
Fuente de datos	Bibliografía	OK	Datos primarios	OK	Coherente	Ninguna
Exactitud de los datos	Buena	OK	Pobre	No cumple el objetivo y alcance	No coherente	Revisar B
Antigüedad de los datos	2 años	OK	3 años	OK	Coherente	Ninguna
Tecnología	Tradicional	OK	Planta piloto	OK	No coherente	Estudiar el objetivo= Ninguna
Actualización tecnológica	Reciente	OK	Actual	OK	Coherente	Ninguna
Distribución geográfica	Europa	OK	USA	OK	Coherente	Ninguna

Bibliografía

ISO 14043:2000 Environmental management. Life cycle assessment. Life cycle interpretation.