

**ANTEPROYECTO
NORMA TÉCNICA
DGNTI
ISO 59020:2024**

Economía circular — Medición y evaluación del desempeño circular
Correspondencia: ISO 59020:2024

I.C.S.: 03.100.01; 13.020.20

COONSULTA PÚBLICA

ECONOMÍA CIRCULAR — MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO CIRCULAR

INTRODUCCIÓN

0.1 Antecedentes

La economía global es "lineal" ya que se basa principalmente en la extracción, producción, uso y disposición. Esta economía lineal conduce al agotamiento de recursos, pérdida de biodiversidad, generación de residuos, y pérdidas, emisiones y vertidos dañinos, lo que colectivamente está causando graves daños a la capacidad del planeta para seguir satisfaciendo las necesidades de las generaciones futuras.[56] Además, varios límites planetarios ya han sido alcanzados o superados.

Existe un mayor entendimiento de que una transición hacia una economía más circular, basada en un uso circular de los recursos, puede contribuir a satisfacer las necesidades humanas actuales y futuras (bienestar, vivienda, nutrición, atención médica, movilidad, etc.). La transición hacia la economía circular, también puede contribuir a la creación y el compartir más valor dentro de la sociedad y las partes interesadas, mientras se gestionan los recursos naturales de manera que se repongan y renueven de forma sostenible, garantizando la calidad y la resiliencia de los ecosistemas.

Las organizaciones reconocen muchas razones potenciales para involucrarse con la economía circular (por ejemplo, ofrecer soluciones más ambiciosas y sostenibles; mejorar las relaciones con las partes interesadas; formas más eficaces y eficientes de cumplir compromisos voluntarios o requisitos legales; participar en la mitigación o adaptación al cambio climático; gestionar los riesgos de escasez de recursos, aumentar la resiliencia en los sistemas ambientales, sociales y económicos), mientras contribuyen a satisfacer las necesidades humanas.

La familia de Normas ISO 59000 (véase Figura 1) está diseñada para armonizar la comprensión de la economía circular, apoyar su implementación y medición. También considera a organizaciones, tales como gobiernos, industria y organizaciones sin fines de lucro, en la contribución al logro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ONU)[54].

Figura 1 — Familia de Normas ISO 59000

ISO 59004, Economía circular — Vocabulario, principios y orientación para la implementación

ISO 59010 <i>Economía circular — Orientación para la transición de modelos de negocios y redes de valor</i>	ISO 59020 <i>Economía circular — Medición y evaluación del desempeño circular</i>	ISO 59040 <i>Economía circular — Hoja de datos de circularidad de producto</i>	ISO 59014 <i>Gestión ambiental y economía circular — Sostenibilidad y trazabilidad en la recuperación de materiales secundarios — Principios y requisitos</i>
---	---	--	---

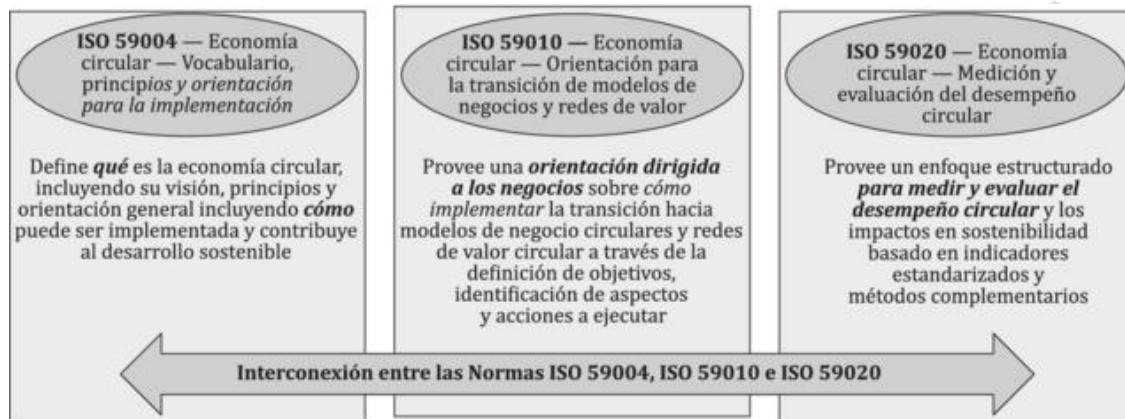
ISO/TR 59031, Economía circular — Enfoque basado en el desempeño — Análisis de casos de estudio

ISO/TR 59032, Economía circular — Revisión de redes de valor existentes

0.2 Relación entre la Norma ISO 59004, ISO 59010 y este documento

Las Normas ISO 59004, ISO 59010 y este documento están interconectadas como se muestra en la Figura 2 y apoyan a las organizaciones en la implementación de una transición hacia la economía circular.

Figura 2 — Relación entre este documento, ISO 59010 e ISO 59020



0.3 Propósito y esquema de este documento

El propósito de este documento es ayudar a las organizaciones en la recopilación de la información necesaria y el cálculo para permitir prácticas de economía circular que minimicen el uso de recursos y que optimicen el flujo circular de recursos, mientras contribuye al desarrollo sostenible.

Los resultados proporcionan una visión integrada de la circularidad y el desarrollo sostenible, y están destinados a utilizarse para apoyar la transición hacia una economía circular. Al contribuir al desarrollo sostenible, este documento también considera la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [54].

Se proporcionan términos, definiciones y principios para ayudar a los usuarios y otras partes interesadas a interpretar y aplicar esta orientación. Este documento proporciona una plataforma para el desarrollo de normas más detalladas para la evaluación de la circularidad, que sean apropiadas para sectores individuales.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este documento especifica requisitos y proporciona orientación a las organizaciones para la medición y evaluación de un sistema económico definido, para determinar su desempeño circular en un momento específico. La medición y evaluación se realizan mediante la recopilación y cálculo de datos, con la ayuda de indicadores de circularidad obligatorios y opcionales.

Este documento proporciona un marco de referencia para guiar a los usuarios dentro de organizaciones de todos los tipos y tamaños a través del proceso de medición y evaluación, incluido el establecimiento de límites del sistema y la elección de indicadores, así como en el procesamiento e interpretación de datos de manera consistente y reproducible, para generar resultados significativos y verificables.

El marco de referencia es aplicable a múltiples niveles de un sistema económico, desde el nivel regional, interorganizacional y organizacional hasta el nivel de producto.

Para medir y evaluar los impactos sociales, ambientales y económicos causados por las acciones de la organización para alcanzar las objetivos y metas circulares, el documento proporciona una lista de métodos complementarios que se pueden utilizar además de este documento.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos se mencionan en el texto de tal manera que parte o la totalidad de su contenido constituye requisitos para este documento. Para las referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento referenciado (incluida cualquier corrección).

ISO 59004 *Economía circular — Vocabulario, principios y orientación para la implementación*

ISO 59010 *Economía circular — Orientación para la transición de modelos de negocios y redes de valor*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes.

ISO e IEC mantienen bases de datos terminológicas para su utilización en normalización en las siguientes direcciones:

- Plataforma de búsqueda en línea de ISO: disponible en <https://www.iso.org/obp>
- Electropedia de IEC: disponible en <https://www.electropedia.org/>

3.1. Términos relacionados con la circularidad y la economía circular

3.1.1

Economía circular

Sistema económico que utiliza un enfoque sistémico para mantener un flujo circular de recursos, mediante la recuperación, retención o adición de su valor, a la vez que contribuye al desarrollo sostenible

Nota 1 a la entrada: Los recursos (3.3.11) pueden ser en términos tanto de stocks como de flujos.

Nota 2 a la entrada: Se mantiene el flujo de recursos vírgenes lo más bajo posible, y el flujo circular de recursos se mantiene lo más cerrado posible para minimizar los residuos (3.3.12), las pérdidas (3.3.13) y las emisiones y vertidos (3.3.14) del sistema económico.

[ORIGEN: ISO 59004: 2024, 3.1.1]

3.1.2

Circular

Alineado con los principios para la economía circular (3.1.1)

Nota 1 a la entrada: Los objetivos y metas para la economía circular pueden definirse con respecto a los principios para la economía circular.

[ORIGEN: ISO 59004: 2024, 3.1.14]

3.1.3

Circularidad

Grado de alineación con los principios para la economía circular (3.1.1).

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.1.15]

3.1.4

Aspecto de circularidad

Elemento de las actividades o soluciones de una organización que interactúa con la economía circular (3.1.1).

EJEMPLO:

Durabilidad, reciclabilidad, reutilización, capacidad de reparación, capacidad de recuperación.

Nota 1 a la entrada: Los aspectos de circularidad deberían considerarse en relación con los principios, así como los objetivos, metas y acciones de la organización, para la implementación de la economía circular.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.6.1]

3.2. Términos relacionados con el sistema, límites y alcance

3.2.1

Límite del sistema

Límite que representa los límites físicos, de proceso, temporales y geográficos de lo que se incluye, y lo que no se incluye, en una evaluación.

[ORIGEN: ISO 21931-2:2019, 3.31]

3.2.2

Sistema en foco

Sistema que es definido por los límites del sistema (3.2.1) seleccionado y que es el sujeto de una medición de la circularidad (3.3.2) y una evaluación de la circularidad (3.3.3).

Nota 1 a la entrada: Cuatro niveles de sistemas están siendo usados para la medición y evaluación del desempeño circular (3.3.1): nivel regional, interorganizacional, organizacional y producto.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.1.23]

3.3. Términos relacionados con la medición y la evaluación

3.3.1

Desempeño circular

Grado en el que un conjunto de aspectos de circularidad (3.1.4) se alinean con los objetivos y principios para la economía circular (3.1.1).

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.6.3]

3.3.2

Medición de la circularidad

Proceso que ayuda a determinar el desempeño circular (3.3.1) a través de la recolección, cálculo y compilación de datos o información.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.6.4]

3.3.3

Evaluación de la circularidad

Evaluación e interpretación de resultados e impactos de una medición de la circularidad (3.3.2).

Nota 1 a la entrada: La evaluación incluye la consideración de los aspectos de sostenibilidad y puede aplicar métodos complementarios (3.3.7), como el análisis del ciclo de vida.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.6.5]

3.3.4 Indicador de circularidad

Métrica usada para medir uno o más aspectos de circularidad (3.1.4).

Nota 1 a la entrada: Un indicador circular puede representar un aspecto o una combinación de aspectos medibles de un recurso (3.3.11), una solución, un proceso o una acción.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.6.6]

3.3.5 Indicador cuantitativo

Medición basada en datos numéricos que se pueden utilizar para cálculos matemáticos y análisis estadísticos.

Nota 1 a la entrada: Los datos de entrada pueden medirse directamente u obtenerse de otra manera.

Nota 2 a la entrada: Los datos de entrada cuantitativos se basan en una unidad de medida física o económica.

3.3.6 Indicador cualitativo

Medición derivada de una lista de verificación o una escala descriptiva, sin cuantificación alguna.

Nota 1 a la entrada: Los indicadores cualitativos se pueden clasificar en clases a las que se puede asignar valores numéricos.

3.3.7**Método complementario**

Método, enfoque o norma que se utiliza junto a la medición de la circularidad (3.3.2) para proporcionar una evaluación de la circularidad (3.3.3).

3.3.8**Datos primarios**

Datos obtenidos de medición directa conocida o de cálculos definidos implícita o explícitamente basados en los datos originados de dichas mediciones directas o cálculos.

[ORIGEN: ISO 14033:2019, 3.1.5; modificado: se agrega “o cálculos”]

3.3.9**Datos secundarios**

Datos obtenidos de formas distintas a los datos primarios (3.3.8).

EJEMPLO: Literatura, bases de datos públicas o comerciales, estadísticas, modelado o simulación.

[ORIGEN: ISO 14033:2019, 3.1.6; modificado: se agrega el ejemplo.]

3.3.10**Agregación**

Proceso de combinar datos de varias fuentes.

[ORIGEN: ISO/IEC 29182-2:2013, 2.4.2]

3.3.11**Recurso**

Activo desde el cual se implementa o crea una solución.

Nota 1 a la entrada: Dependiendo del contexto, la referencia a “recurso” incluye “materia prima”, “insumo”, “material” o “componente”.

Nota 2 a la entrada: Para los fines de este documento, activo se refiere a recursos físicos tales como recursos naturales, recursos vírgenes, recursos recuperables y recursos recuperados.

Nota 3 a la entrada: Recurso incluye cualquier tipo de energía (por ejemplo, el contenido de energía o el potencial energético de los materiales).

Nota 4 a la entrada: Los recursos pueden considerarse en términos tanto de stocks como de flujos.

FUENTE: ISO 59004:2024, 3.1.5]

3.3.12

Residuo

Recurso (3.3.11) que ya no se considera un activo dado que, en ese momento, proporciona un valor insuficiente para el poseedor.

Nota 1 a la entrada: El poseedor puede decidir retener, descartar o transferir el residuo.

Nota 2 a la entrada: Valor puede ser asignado al residuo como resultado de una necesidad de otra parte interesada, en ese punto el recurso no se considera más un residuo.

Nota 3 a la entrada: La asignación de valor al residuo como un recurso está vinculada, en parte, a la tecnología disponible (por ejemplo, la minería de vertederos).

Nota 4 a la entrada: Algunas regulaciones requieren que el poseedor disponga de ciertos tipos de residuos, mientras que otras asignan valor a los residuos.

Nota 5 a la entrada: Dado que los recursos incluyen el contenido energético o el potencial energético de los materiales, esa energía, cuando se libera durante un proceso y no se recupera para otro uso, puede considerarse un residuo.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.3.6]

3.3.13

Pérdidas

Flujos de salida no gestionados de un recurso (3.3.11), desde el sistema en foco (3.2.2), que no son recuperados.

Nota 1 a la entrada: Para el propósito de la medición del desempeño circular (3.3.1), las pérdidas pueden ser estimadas.

Nota 2 a la entrada: Las pérdidas pueden ocurrir en cualquier etapa del ciclo de vida, como el desgaste y deterioro durante la etapa de uso (por ejemplo, la abrasión de neumáticos, micro plásticos).

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.3.7]

3.3.14

Emisiones y vertidos

Emisiones gestionadas al aire y descargas al agua o el suelo desde el sistema en foco (3.2.2).

Nota 1 a la entrada: Las emisiones y vertidos pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas.

Nota 2 a la entrada: Para el propósito de la medición del desempeño circular (3.3.1), las emisiones y vertidos son cuantificables pero no recuperables al momento de la emisión o descarga.

Nota 3 a la entrada: Las emisiones y vertidos pueden ocurrir en cualquier etapa del ciclo de vida (por ejemplo, emisiones de automóviles).

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.3.8]

3.3.15

Asignación

Distribución de los flujos de entrada y flujos de salida de un proceso o un sistema, entre el sistema en foco (3.2.2) y otro o más sistemas.

[ORIGEN: ISO 14040:2006, 3.17; modificado: se agregó “de” después de “distribución” y se cambia “sistema del producto y uno o más sistemas de producto diferentes” por “sistema en foco y otro o más sistemas”.]

3.3.16

Trazabilidad de datos

Capacidad de los datos para ser rastreados hasta fuentes originales y verificables.

Nota 1 a la entrada: Incluye los cálculos y operaciones realizados sobre los datos.

Nota 2 a la entrada: La Norma ISO 14033:2019 proporciona un marco de referencia tanto para lograr la trazabilidad de los datos como para auditar y verificar con qué nivel se ha logrado la trazabilidad de los datos.

Nota 3 a la entrada: Los datos pueden ser cuantitativos o cualitativos.

3.3.17

Contenido reusado

Componente o pieza que ha llegado al final de un uso y se utiliza nuevamente, con alteraciones físicas mínimas o nulas.

Nota 1 a la entrada: Las alteraciones mínimas incluyen limpieza o ajustes o reparaciones menores.

Nota 2 a la entrada: La alteración no mínima de materiales y piezas puede contribuir al contenido reciclado (3.3.18). En este documento, el contenido reciclado y el contenido reusado se tratan como proporciones distintas y separadas del contenido total.

3.3.18

Contenido reciclado

Proporción, en masa, de material reciclado (3.3.19) en un producto.

[ORIGEN: ISO 14009:2020, 3.2.23]

3.3.19

Material reciclado

Material que ha sido reprocesado a partir de material recuperado o retornado, por medio de un proceso de fabricación.

[ORIGEN: ISO 14009:2020, 3.2.10; modificado: se omite " e incluido en un producto final o componente para su incorporación en un producto" y las notas a la entrada.]

3.3.20

Durabilidad

Capacidad de un producto o material para funcionar como se requiere, bajo condiciones específicas de uso, mantenimiento, reparación y actualización, hasta que un estado limitante impida su funcionamiento.

Nota 1 a la entrada: La durabilidad se puede expresar en unidades apropiadas para la pieza o producto en cuestión (por ejemplo, ciclos de operación, distancia recorrida). Las unidades siempre deberían indicarse claramente.

Nota 2 a la entrada: La durabilidad está influenciada por la fiabilidad, el mantenimiento, la reparación y las actualizaciones (por ejemplo, de software).

3.3.21

Energía renovable

Energía a partir de recursos renovables.

[ORIGEN: ISO 59004:2024, 3.3.9]

4. PRINCIPIOS PARA LA MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CIRCULARIDAD

4.1. Principios de la economía circular

El sistema objeto de la medición y evaluación de la circularidad se denomina "sistema en foco". En la medición y evaluación del desempeño circular de un sistema en foco se deberían considerar los principios de economía circular de la Norma ISO 59004. Estos son:

- Pensamiento sistémico;
- Creación de valor;
- Valor compartido;
- Administración responsable de los recursos;
- Trazabilidad de los recursos;
- Resiliencia de los ecosistemas.

4.2. Principios de la medición y evaluación de la circularidad

4.2.1 Generalidades

Además, de los principios generales de la economía circular, se deberían aplicar los siguientes principios específicos de la medición y evaluación:

- Asegurar límites relevantes (véase 4.2.2);
- Asegurar resultados significativos (véase 4.2.3).

Estos principios también son aplicables en la medición y evaluación de los impactos en la sostenibilidad dentro del sistema en foco, y hacia sistemas sociales, ambientales y económicos más amplios.

4.2.2 Asegurar límites relevantes

4.2.2.1 Generalidades

Los límites de la medición y evaluación deberían basarse en una perspectiva del ciclo de vida, y se deberían elegir límites espaciales (véase 4.2.2.2) y temporales apropiados (véase 4.2.2.3).

4.2.2.2 Escala espacial

Las escalas espaciales reflejan límites claros del sistema en foco y su interconexión con otros sistemas socioeconómicos y ambientales más amplios.

A nivel de producto, la escala espacial cubre diferentes etapas a lo largo de la cadena o red de valor (por ejemplo, desde la extracción, procesamiento y suministro de materiales, fabricación de piezas y productos, distribución, uso, mantenimiento y reparación, hasta el fin de vida). Estas etapas suelen estar ubicadas en diferentes lugares, lo que refleja la naturaleza interterritorial de las cadenas y redes de valor.

4.2.2.3 Escala temporal

La escala temporal elegida abarca todo el ciclo de vida del sistema, desde su creación hasta el fin de vida último y la disposición.

Para escalas temporales extendidas, se debería considerar realizar mediciones y evaluaciones periódicas, a intervalos apropiados, para tener en cuenta los cambios en las características, propiedades o valores de los flujos de entrada o salida (por ejemplo, nuevas tecnologías de reciclaje o reúso, cambios en la legislación sobre el tratamiento en el fin de vida, nuevo conocimiento sobre la regeneración de ecosistemas).

4.2.3 Asegurar resultados significativos

Los métodos, modelos, procedimientos y fuentes de datos utilizados en una evaluación de la circularidad deberían ser transparentes y comprensibles para las partes interesadas involucradas, que incluyen, por ejemplo, el público objetivo, los proveedores, los usuarios y los consumidores. Los datos utilizados en una medición y evaluación de la circularidad deberían ser trazables y lo más completo posible. Todos los flujos de entrada y flujos de salida de recursos del sistema en foco se deben cuantificar, cuando corresponda. Cualquier suposición o estimación de datos debería describirse adecuadamente. Cuando sea posible, la medición y evaluación de la circularidad debería permitir la comparación con otros sistemas similares o relacionados, ya sean internos o externos al sistema en foco.

5. Marco para la medición y evaluación del desempeño circular

5.1. Introducción al marco de referencia

El marco de referencia para la medición y evaluación del desempeño circular consta de varias etapas interrelacionadas, que pueden repetirse según sea necesario. El marco de referencia se ilustra en la Figura 3:

Figura 3 — Marco de referencia para la medición y evaluación de la circularidad



En este apartado se resumen una descripción general de las etapas individuales dentro de una medición y evaluación de la circularidad, y los apartados posteriores describen orientaciones más detalladas.

El marco de referencia puede recibir entradas de un sistema de gestión y proporcionar resultados al sistema de gestión de vuelta. El resultado del proceso de medición y evaluación es específico de un momento o período definido en el tiempo durante el cual se realizan la medición y evaluación. Para monitorear el progreso a lo largo del tiempo, la organización debería realizar evaluaciones periódicas. Para permitir la interpretación, la transparencia y la verificación de los resultados, es necesario que todas las etapas estén debidamente documentadas.

5.2. Contexto de la aplicación

Los objetivos y acciones circulares de la organización que se definen en las Normas ISO 59004, ISO 59010 o ISO 590141) son elementos importantes del contexto de la aplicación. El contexto de la aplicación para la medición y evaluación de la circularidad proporciona una entrada para el establecimiento de límites para la Etapa 1 (véase 5.3) con respecto a las siguientes preguntas:

- ¿Qué nivel de sistema (por ejemplo, regional, interorganizacional, organizacional o de producto) es aplicable al sistema en foco?
- ¿Qué objetivos circulares (por ejemplo, aumentar el contenido reusado en un X % o aumentar el material reciclado derivado del flujo de salida en un Y %) son aplicables a la medición?
- ¿Qué aspectos de la circularidad (por ejemplo, reparabilidad, reutilizabilidad, recuperabilidad o durabilidad) son de interés específico?
- ¿Qué cuestiones sociales, ambientales y económicas específicas o metas de los ODS deberían considerarse para posibles impactos?

NOTA: Véase el Anexo D para ver ejemplos de relaciones entre metas de los ODS e indicadores de circularidad.

- ¿Cuál es el propósito de la aplicación (por ejemplo, establecer una línea de base, proporcionar entradas para el monitoreo interno, afirmaciones comparativas internas, información para las partes interesadas como los actores de la cadena de valor; comunicación interna para los usuarios, expertos involucrados)?

5.3. Etapa 1: Establecimiento de límites

El establecimiento de límites para el sistema a medir y evaluar está determinado por el contexto de la aplicación, como se describe en el apartado 5.2.

La etapa de establecimiento de límites incluye actividades tales como:

- Definir el sistema en foco y sus interacciones con los sistemas económico, social y ambiental;
- Definir qué actores o partes interesadas de la red de valor forman parte del sistema en foco y cómo compartir información;
- Definir los requisitos de calidad de los datos.

Para obtener orientación detallada, véase el Capítulo 6.

5.4. Etapa 2: Medición de circularidad y adquisición de datos

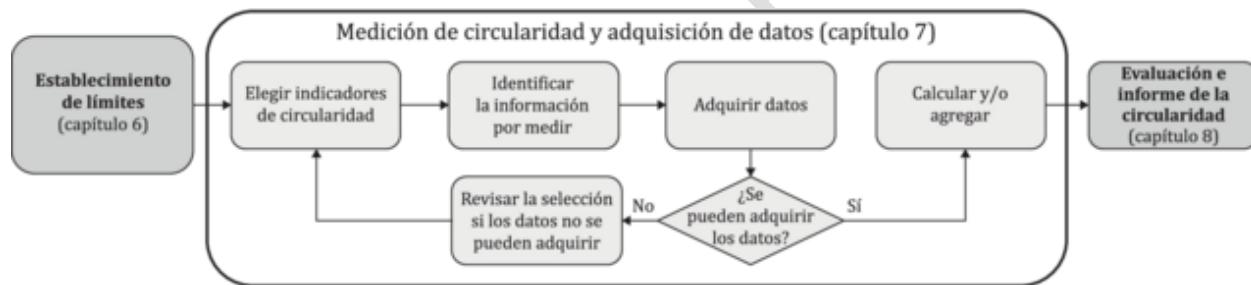
La etapa de medición de circularidad incluye la adquisición de datos. Durante la medición de la circularidad, los indicadores de circularidad se especifican en relación con los datos y la información que se van a adquirir, medir y calcular. Los indicadores descritos en esta norma son generalmente aplicables a todos los niveles del sistema y a todos los sectores, y pueden servir como base para formar métodos de medición más detallados y específicos del sector cuando sea necesario.

Para lograr una medición equilibrada, la medición debe incluir los indicadores base obligatorios de circularidad en la medición de los flujos de entrada y flujos de salida de recursos (véanse el apartado 7.3, la Tabla 3 y los Capítulos A.2 y A.3).

Cuando corresponda, se deberían medir los indicadores base de circularidad sobre energía, agua y economía de los Capítulos A.4, A.5 y A.6.

El proceso de medición de circularidad y adquisición de datos consta de diferentes pasos, con posibilidad de iteración, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4 — Pasos del proceso de medición de circularidad y adquisición de datos



La circularidad se mide utilizando indicadores para abordar aspectos relevantes de la circularidad (por ejemplo, la reciclabilidad) del sistema en foco. Un enfoque de materialidad (es decir, la identificación de las cuestiones de mayor importancia para el negocio de una organización) puede ser valioso para priorizar y seleccionar indicadores pertinentes para la medición (véanse los indicadores en los Anexos A y B).

Durante la adquisición de datos se adquieren datos representativos y verificables para los indicadores de circularidad seleccionados. Los indicadores de circularidad se calculan utilizando datos primarios o secundarios. En los casos en los que esos datos no estén disponibles, sean insuficientes o no cumplan con los requisitos de calidad especificados, se deberían utilizar fuentes de datos alternativas o indicadores diferentes.

Para obtener orientación detallada, véase el Capítulo 7 y los Anexos A y B.

5.5. Etapa 3: Evaluación de la circularidad e informe

La etapa de evaluación de la circularidad e informe es la evaluación de los resultados de la medición de la circularidad. La evaluación de la circularidad debería dar como resultado una declaración integral sobre el desempeño circular del sistema en foco.

La medición y evaluación de los impactos en aspectos sociales, ambientales y económicos es parte de esta etapa de evaluación. La organización puede aplicar métodos complementarios para medir y evaluar dichos impactos de sostenibilidad. Este documento no incluye ni duplica esos métodos, pero alienta a las organizaciones a contribuir al desarrollo sostenible y evitar impactos negativos no deseados al realizar acciones circulares.

Para obtener orientación detallada, véase el Capítulo 8.

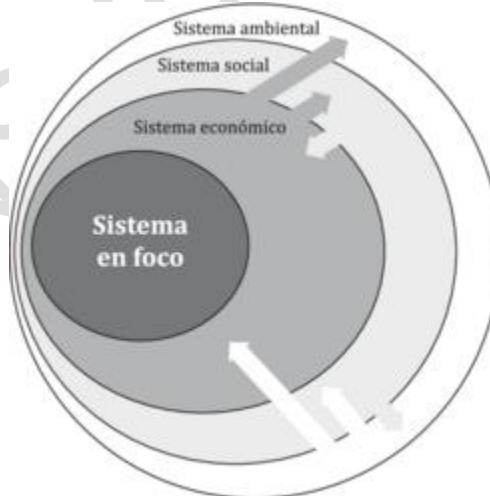
En el Anexo C se describen ejemplos de métodos complementarios.

6. ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES

6.1. El sistema a medir

El sistema en foco es parte de un sistema económico más amplio, conectado con los sistemas social y ambiental. Las relaciones entre los diferentes sistemas se muestran en la Figura 5, que ilustra esquemáticamente los límites entre sistemas, con flechas que ilustran las interacciones y el movimiento de recursos entre cada sistema.

Figura 5 — Sistema a medir y sus relaciones con los otros sistemas



NOTA: Adaptado de la Norma ISO 59004:2024, Figura 3

6.2. Determinación del objetivo y alcance de la medición y evaluación de la circularidad

En general, el propósito de la medición y evaluación de la circularidad es obtener información sobre el desempeño circular de un sistema específico en un momento específico. En la medición y evaluación del desempeño circular de un sistema se debería aplicar una perspectiva de ciclo de vida. Esta perspectiva debería incluir todas las etapas de los ciclos técnicos o biológicos a lo largo de escalas de tiempo apropiadas que estén relacionadas con ese sistema. Esto puede incluir conexiones a lo largo de su cadena de valor.

El contexto de la aplicación, como se describe en el apartado 5.2, proporciona entradas para definir el objetivo y alcance de la medición y evaluación de la circularidad, mediante:

- La definición de objetivos de circularidad por medir;

EJEMPLO 1

Aumentar la vida útil promedio de un producto o componente en relación con el promedio de la industria en un X %, reducir el contenido no renovable de los recursos utilizados por una organización en un X %, aumentar el porcentaje de material reciclado real derivado de los flujos de salida de la organización al X %, aumentar el reciclaje de plástico en una ciudad al X %, aumentar la cantidad de componentes reusados en un producto al X %.

- La definición del sistema en foco, es decir, a qué nivel del sistema, qué unidades funcionales, qué ubicaciones, qué partes de una cadena o red de valor, qué regiones, etc., se deben medir y evaluar;
- La definición de los requisitos de calidad de los datos,

EJEMPLO 2

El X % de todos los datos medidos para los flujos de entrada y flujos de salida de recursos (en masa) deben ser datos primarios.

- La preselección de métodos complementarios para la medición y evaluación del impacto social, ambiental y económico

EJEMPLO 3

La Norma ISO 14044 para el análisis del ciclo de vida (ACV), la Norma ISO 26000, para la responsabilidad social.

- La definición de las partes interesadas involucradas (por ejemplo, los usuarios o profesionales que llevan a cabo o utilizan la medición y evaluación), del público objetivo (por ejemplo, a quién se comunicarán los resultados de la evaluación, internos y/o externos), otras partes interesadas (por ejemplo, personas relacionadas con la adquisición de datos y la evaluación de los impactos) y las

organizaciones fuera del sistema en foco que pueden verse afectadas (por ejemplo, empresas dentro de la cadena de valor);

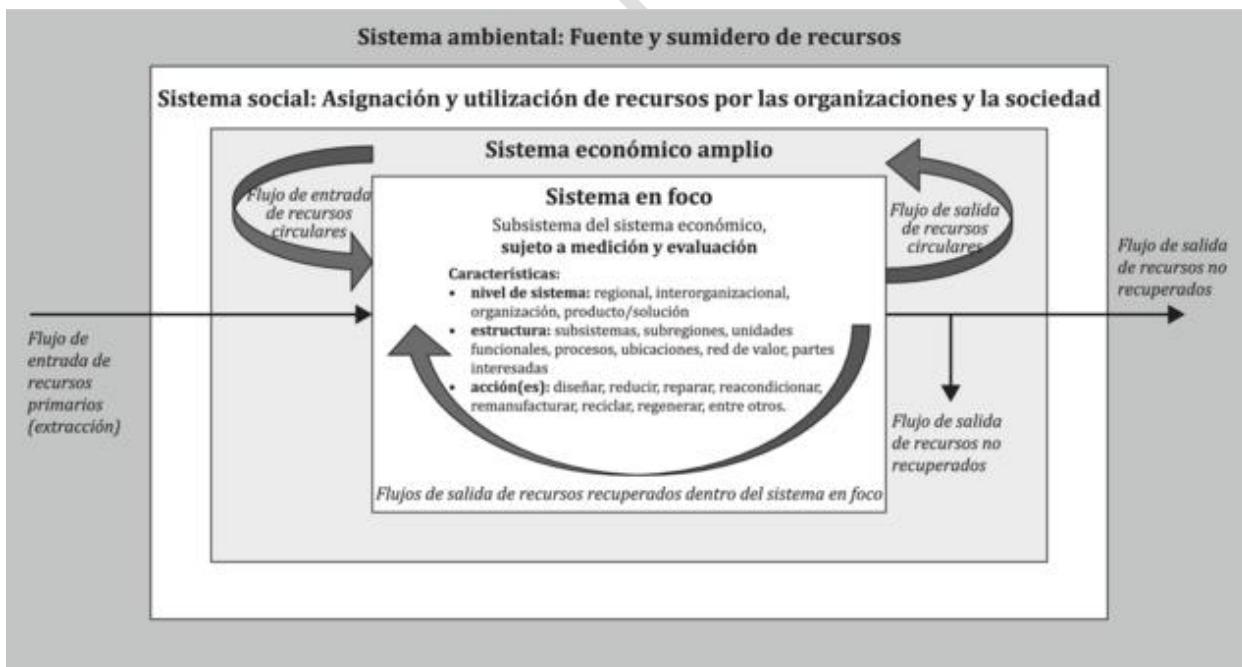
- La decisión de si los resultados se utilizarán para el seguimiento interno o para la comunicación externa;
- La definición los límites del sistema en foco respecto al sistema económico más amplio (por ejemplo, la cadena o red de valor) y los sistemas sociales y ambientales.

Debido a la naturaleza iterativa del proceso de medición y evaluación de la circularidad, el objetivo y el alcance pueden revisarse y actualizarse debido a limitaciones imprevistas (por ejemplo, tiempo necesario), restricciones (por ejemplo, escasez de datos) o debido a información nueva o adicional. Estas modificaciones, junto a su justificación, deberían documentarse adecuadamente o ser comunicadas a las partes interesadas pertinentes.

6.3. Definición de todos los flujos de entrada y flujos de salida de recursos del sistema en foco

Los flujos circulares pueden ser internos al sistema en foco (por ejemplo, una organización recupera productos, que fueron prestados a sus clientes, para su remanufactura) o externos al sistema en foco (por ejemplo, la compra de materiales reciclados a terceros). La Figura 6 muestra flujos circulares y no circulares, internos o externos, del sistema en foco.

Figura 6 — Sistema en foco y sus límites



La siguiente explicación es aplicable a la Figura 6:

- Los flujos de entradas de recursos vírgenes pueden ser renovables o no renovables.

- Los flujos de salida de recursos no recuperados por el sistema en foco pueden ser recuperables o no recuperables, pero se consideran no circulares cuando abandonan el sistema en foco. Es posible que los recursos puedan recuperarse en el sistema económico más amplio (por ejemplo, en otros sistemas con otras tecnologías). Estos recursos pueden ser:
 - Productos o recursos no recuperados;
 - Residuos (por ejemplo, cuando el sistema en foco considera que tienen un valor insuficiente);
 - Emisiones y vertidos (por ejemplo, emisiones al aire, vertidos al agua y al suelo);
 - Pérdidas.
 - Los recursos circulares en el sistema económico más amplio pueden fluir hacia y desde el sistema en foco.
 - Los recursos recuperados dentro del sistema en foco y que se reutilizan son circulares.

Se deberían especificar los límites y relaciones entre el sistema ambiental, el sistema social y el sistema económico:

- a) El sistema ambiental representa la biosfera y la fuente y sumidero de los recursos. Aplicando una perspectiva de ciclo de vida, la organización debería medir la adquisición de los recursos del sistema ambiental necesarios para la operación del sistema en foco, como recursos forestales y minerales, así como las emisiones y vertidos del sistema en foco al medio ambiente, como emisiones al aire y vertidos al agua y al suelo. El medio ambiente también puede verse afectado por pérdidas como los flujos de salida de recursos descontrolados, que no se recuperan dentro del sistema en foco. Los ejemplos incluyen los microplásticos por desgaste, la descomposición de alimentos durante el almacenamiento o transporte, o la basura urbana mal gestionada.
- b) El sistema social representa la salud y calidad de vida de los seres humanos y la prosperidad de sus sociedades. La organización debería considerar la interacción del sistema en foco con el sistema social. La salud y calidad de vida de los consumidores y ciudadanos pueden verse afectadas por flujos de salida, circulares y no circulares.

EJEMPLO 1

Poner fin al vertido de ropa usada en rellenos sanitarios cercanos a las comunidades locales puede influir positivamente en la calidad de vida de esas comunidades.

EJEMPLO 2

La salud y la seguridad de los trabajadores pueden verse afectadas por la creación de productos que puedan desmontarse de forma segura y que no liberen sustancias peligrosas al ser reciclados.

- c) El sistema económico suministra al sistema en foco, por ejemplo, con recursos vírgenes adquiridos del sistema ambiental. El sistema económico también puede suministrar al sistema en foco recursos renovables o no renovables, provenientes de otros sistemas. El sistema económico recibe recursos circulares y no circulares del sistema en foco. También es posible que los recursos no recuperados por el sistema en foco puedan ser recuperados y convertidos nuevamente en recursos útiles por el sistema económico más amplio. Los aspectos socio-económicos pueden verse influenciados por las acciones del sistema en foco, como nuevos trabajos de reparación, restauración, logística inversa, reciclaje o diseño circular.

Para medir el desempeño circular de un sistema que está influenciado por acciones (como el diseño circular, reducir, restaurar, remanufacturar, el reciclaje, la simbiosis industrial o regional), es necesario describir el sistema en foco con suficiente detalle para rastrear los cambios en los flujos de recursos y los correspondientes aumentos y disminuciones de los stocks.

Un enfoque de análisis de flujo de materiales (MFA, por sus siglas en inglés) o de análisis de flujo de recursos (RFA, por sus siglas en inglés) puede ser útil para cuantificar de manera equilibrada los flujos de recursos o materiales de un sistema en foco entre los procesos y los stocks de recursos o materiales dentro de los procesos. Los límites deberían establecerse para permitir que se logre un equilibrio de recursos tal que el flujo de entrada de recursos sea igual al flujo de salida de recursos. Se deberían aplicar las fórmulas del 100 % sobre los flujos de entrada y flujos de salida de recursos, como se explica en el Anexo A. Esto exige considerar qué datos se necesitan, cómo se pueden obtener los datos, la naturaleza y el origen de los datos, y una selección clara de las escalas temporales y espaciales.

Los límites del sistema pueden abarcar múltiples ciclos de vida.

6.4. Establecimiento de límites temporales

6.4.1. Generalidades

El sistema en foco y sus flujos de entrada y flujos de salida se miden en un momento específico en el tiempo. Los datos por adquirir para los flujos de entrada y flujos de salida del sistema en foco deberían representar una perspectiva de ciclo de vida.

6.4.2. Límites temporales

Los límites temporales deberían elegirse para tener en cuenta los recursos, desde su extracción hasta el fin de vida último, es decir, durante todos los ciclos de uso. Este enfoque evita el “lavado verde”. Sin embargo, unos límites temporales muy largos pueden ser un desafío, porque puede ser necesaria información de varias organizaciones en toda una cadena de valor.

EJEMPLO 1

Para una empresa que fabrica plástico a partir de combustibles fósiles y vende plástico a otros usuarios, se escogen límites temporales que exigen que todos los fabricantes, usuarios, recicladores y empresas de gestión del fin de vida proporcionen información.

EJEMPLO 2

Los fabricantes de chips de computadora registran las obleas de silicio procesadas como “compra” para su procesamiento, pero la organización considera la extracción y el procesamiento de materias primas de dióxido de silicio hasta la producción de obleas.

También pueden haber desafíos si la vida de las soluciones es muy larga, como en la construcción. Debido a estos desafíos y a las limitaciones e incertidumbre de los datos, la organización puede decidir acortar los límites temporales. Los plazos más cortos que no consideren un ciclo de vida completo deberían documentarse en el informe de evaluación. Los límites temporales también son relevantes a la hora de evaluar los impactos en la sostenibilidad.

6.4.3. Períodos de medición

La organización que lleva a cabo una medición y evaluación de la circularidad debería considerar el período de tiempo durante el cual se miden o recopilan los datos. Llevar a cabo un flujo de recursos preciso significa que la organización debería elegir una escala de tiempo adecuada para cada flujo de entrada y salida relevante del sistema en foco. Los flujos de recursos pueden tener fluctuaciones estacionales y de otros tipos, y algunos recursos (por ejemplo, productos petrolíferos) pueden obtenerse cuando los precios son bajos. Si es posible, los datos deberían recopilarse durante el mismo período, o normalizarse cuando esto no sea posible.

6.4.4. Monitoreo periódico

La organización puede decidir realizar una medición periódica del desempeño circular del sistema en foco y evaluar sus impactos para monitorear el progreso.

EJEMPLO

La organización puede medir los efectos de introducir un material renovable en un flujo de proceso cada seis meses.

Para esto, el sistema en foco y sus flujos de entrada y flujos de salida se miden en momentos específicos en el tiempo, pero pueden representar un período de tiempo particular, que represente una serie de "fotografías instantáneas" resueltas en el tiempo.

6.5. Perspectiva del sistema a diferentes niveles

6.5.1. Nivel regional

El nivel regional incluye áreas geográficas como países, regiones (por ejemplo, dentro y entre países), ciudades, distritos dentro de ciudades y comunidades locales. También puede ser continental o global, y extenderse a dimensiones planetarias, incluyendo la atmósfera y la órbita terrestre. La medición y evaluación a nivel regional puede requerir la interacción con varias organizaciones (por ejemplo, agencias) dentro de una ciudad, distrito, departamento/provincia o municipios locales.

EJEMPLO

El desempeño circular de un nivel de sistema agregado, como un país, puede basarse en estadísticas y datos de ciudades, provincias y estados representativos.

NOTA: Una región puede combinar varias subregiones, naciones o estados, con jurisdicciones y regulaciones distintas, que afectan los aspectos de circularidad de una organización, como diferentes incentivos para esquemas de recuperación o para el manejo de recursos no recuperados. De manera similar, las acciones de una organización merecen atención a una escala geoespacial adecuada para abordar problemas que varían dentro y entre regiones, como la calidad del aire o la escasez de agua.

6.5.2. Nivel interorganizacional

Este nivel describe cómo grupos de organizaciones utilizan los recursos cooperativamente para implementar aspectos de circularidad de sus soluciones, productos o proyectos. Estos grupos pueden estar dentro de un sector específico o una red de valor específica, o pueden ser de naturaleza intersectorial.

EJEMPLO

En un parque industrial, una comunidad de diferentes empresas manufactureras y de servicios colaboran en la gestión de flujos de recursos para mejorar el desempeño circular del grupo de organizaciones (por ejemplo, con la aplicación de la simbiosis industrial).

NOTA: Los sistemas interorganizacionales pueden abarcar varias regiones o naciones diferentes, con jurisdicciones para la circularidad y con resiliencia de recursos, individualmente diferentes.

6.5.3. Nivel organizacional

Una organización individual puede poseer y gobernar múltiples organizaciones o subsidiarios. En la práctica, puede formar su propia red de valor, con múltiples niveles interorganizacionales (véase 6.5.2). Una o más subsidiarios pueden coejecutar un proyecto circular, como un gran desarrollo de infraestructura y obras de construcción. El sistema en foco puede abarcar múltiples unidades funcionales y ubicaciones.

6.5.4. Nivel de producto

La medición y evaluación a nivel de producto generalmente implica la interacción con el nivel organizacional (véase 6.5.3) y el nivel interorganizacional (véase 6.5.2), incluidas las partes interesadas dentro de la cadena o red de valor.

EJEMPLO 1

Si el sistema en foco es el “teléfono móvil X”, puede requerir un establecimiento de límites a nivel interorganizacional (por ejemplo, el fabricante de teléfonos móviles que quiere restaurar el teléfono, junto a los proveedores y distribuidores componentes y a los recolectores).

El usuario que esté realizando la medición de circularidad debería obtener datos, ya sea directa o indirectamente, de la red de valor.

EJEMPLO 2

Si una organización fabrica un producto a partir de materias primas, incluso como comprador, puede ser necesario establecer condiciones límite que incluyan la extracción de materias primas.

Si la organización ensambla un producto a partir de componentes prefabricados, por su complejidad, la circularidad de los componentes individuales puede ser más relevante. A menos que los datos de circularidad de los componentes provengan de una fuente verificable y confiable (por ejemplo, pueden provenir de terceros fuera del sistema en foco), se debería asumir que los componentes son de naturaleza lineal.

Si un producto se devuelve al fabricante para remanufacturar o reusar sus partes, entonces los flujos de recursos en el fin de vida y el porcentaje de piezas reusadas se pueden medir de manera confiable, ya que los flujos circulares son internos al sistema en foco.

Cuando se requiere el intercambio de datos sobre circularidad del producto a lo largo de la cadena de valor, se deberían aplicar normas internacionales, como las Normas ISO 590402) e ISO/IEC 82474-13).

En la Norma ISO 59004, no se define ni se utiliza el nivel de producto, sino que se considera parte de un nivel organizacional o interorganizacional.

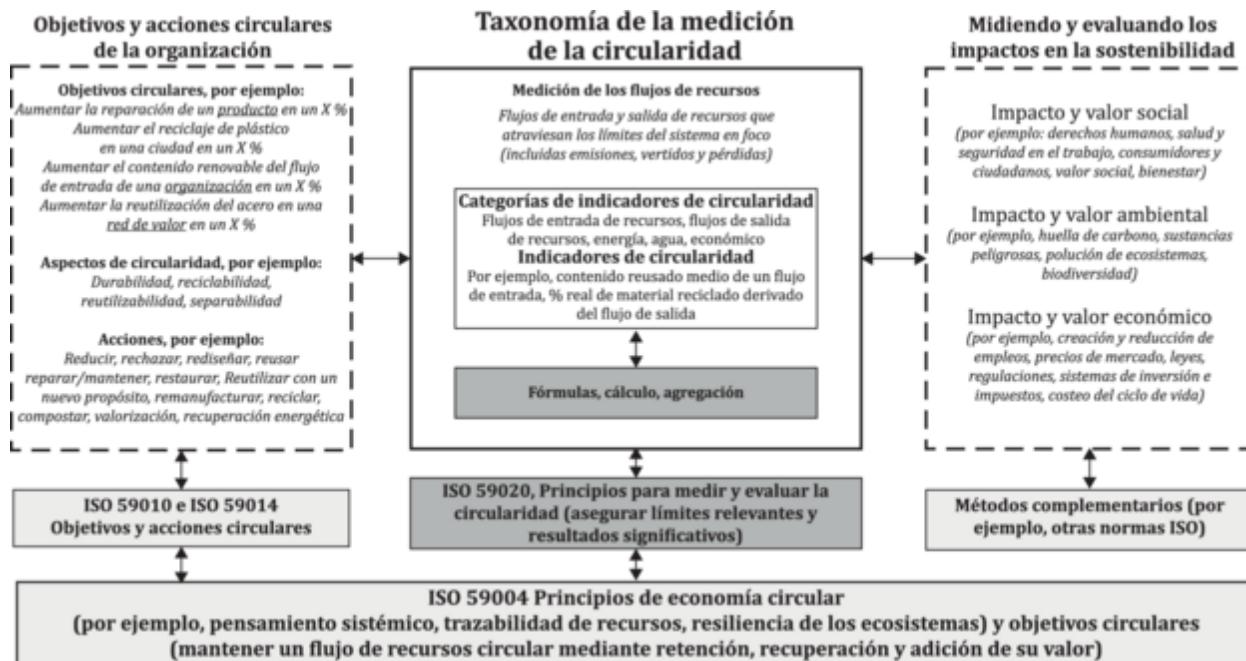
NOTA: Una solución también es aplicable a este nivel.

7. MEDICIÓN DE LA CIRCULARIDAD Y ADQUISICIÓN DE DATOS

7.1. Taxonomía de la medición de la circularidad

Este documento proporciona una taxonomía de categorías de indicadores de circularidad, e indicadores para medir y evaluar el desempeño circular de un sistema en foco. La taxonomía se basa en los objetivos enumerados en la definición 3.1.1, de la Norma ISO 59004:2024, de economía circular para mantener un flujo circular de recursos, es decir, retener, recuperar y añadir valor en esos recursos. La taxonomía proporciona una estructura para medir los flujos de recursos y el grado en que los objetivos y acciones circulares de la organización contribuyen al desempeño circular del sistema en foco en un momento específico.

La Figura 7 ilustra la taxonomía (en el centro), sus conexiones con los objetivos y acciones circulares de la organización (a la izquierda), y la medición y evaluación de los impactos de sostenibilidad de esas acciones (a la derecha).

Figura 7 — Taxonomía de la medición de la circularidad e interacciones

Los tres cuadros de la Figura 7 se explican con más detalle a continuación, comenzando con la taxonomía misma:

- La taxonomía sobre categorías e indicadores de circularidad (cuadro central): proporciona estructura para la elección y el uso de indicadores de circularidad. En la medición del desempeño circular de un sistema en foco, los flujos de entrada y flujos de salida de recursos se miden con la ayuda de indicadores de circularidad seleccionados. En el apartado 7.3 se describe cómo elegir los indicadores. En los Anexos A y B se incluyen orientaciones, condiciones, fórmulas y ejemplos más detallados. Los flujos de recursos pueden influenciar los stocks. En los Anexos A, B y G se proporciona orientación sobre cálculos y agregación de datos.
- Acciones de la organización, por ejemplo, objetivos, acciones y aspectos circulares (cuadro izquierdo): proporciona entradas para la medición y evaluación de la circularidad, basada en los aspectos de circularidad de los objetivos y acciones circulares de la organización, que están relacionados con el sistema en foco. Las Normas ISO 59010 y 59014 definen objetivos, acciones y aspectos circulares que requieren la selección de indicadores relevantes en la taxonomía.
- Medición y evaluación de los impactos de sostenibilidad (cuadro derecho): representa la medición y evaluación de los impactos de sostenibilidad que resultan de los objetivos y acciones circulares de la organización. Los efectos positivos o adversos sobre las cuestiones sociales, ambientales y económicas se deberían medir y evaluar en el sistema en foco y en los sistemas económicos, sociales y ambientales más amplios. Los métodos complementarios, incluidas las normas internacionales existentes, pueden ayudar a medir y evaluar esos impactos (véase el Capítulo 8). Este documento no incluye ni duplica esos métodos, pero sugiere

que las organizaciones apliquen métodos complementarios seleccionados (véase el Anexo C para ver ejemplos).

Los objetivos y principios de economía circular de la Norma ISO 59004, junto a los principios para la medición y evaluación de la circularidad en el Capítulo 4, son la base fundamental para la aplicación de la taxonomía de medición de la circularidad, como se indica en las barras inferiores de la Figura 7.

Las Tablas 1 y 2 proporcionan ejemplos de medición de circularidad a nivel organizacional, donde se enumeran diferentes objetivos, acciones, categorías de indicadores e indicadores.

Tabla 1 — Ejemplo 1 de medición de circularidad a nivel organizacional

Medición de la economía circular	Categoría de indicador		
	Flujo de entrada de recursos	Energía	Agua
Objetivo: Recuperar valor (véase A.2.3)	Contenido reciclado promedio del flujo de entrada (X)	Porcentaje promedio de energía consumida que es renovable (véase A.4.2)	Proporción (<i>in situ</i> o interna) de reuso o recirculación de agua (véase A.5.4)
Acciones	Adquisición circular	Uso de energías renovables	Reusar

Tabla 2 — Ejemplo 2 de medición de circularidad a nivel organizacional

Medición de la economía circular	Categoría de indicador		
	Flujo de entrada de recursos	Económico	Flujo de salida de recursos
Objetivo: Retener valor del recurso (véase A.2.2)	Contenido reusado promedio del flujo de entrada (X)	Índice de intensidad de recursos (véase A.6.3)	Porcentaje real de productos y componentes reusados derivados del flujo de salida (X) (véase A.3.3)
Acciones	Reusar	Reducción	Diseño para la circularidad

7.2. Introducción a los indicadores de circularidad

Un indicador de circularidad representa una medida cuantitativa o cualitativa de un aspecto de circularidad. Los indicadores se pueden utilizar en cualquier fase del ciclo de vida de una solución. Esto incluye, por ejemplo, durante la simulación para ensayar diseños circulares o durante la producción, uso, remanufactura, reutilización y recuperación.

Un indicador se define por:

- Aspecto de circularidad: elemento de las actividades o soluciones de una organización que interactúa con la economía circular.
- Nivel del sistema: nivel que varía desde el nivel de regional, interorganizacional y organizacional, hasta el nivel de producto;
- Unidad de medida: para indicadores cuantitativos, es la unidad del indicador, tal como una cantidad de masa en relación con una unidad de referencia del sistema, como "tonelada por 50 años" o "kg por ciclo de vida del producto". Para los indicadores cualitativos, se necesita una descripción clara de la calidad que representan.
- Requisitos de datos: se deberían especificar los requisitos de los datos necesarios para medir y calcular los atributos del sistema en foco, como "adquirir datos primarios para el flujo de entrada de recursos" o "utilizar datos secundarios" de una base de datos específica disponible públicamente, para representar el contenido reciclado de recursos.
- Cálculo o agregación que se necesita para convertir los datos adquiridos en una forma o un valor numérico, como "sumar todos los datos adquiridos en una suma total", "calcular el promedio de todos los datos adquiridos" o "proporcionar a un panel de expertos para interpretar los datos adquiridos en una declaración cualitativa".

Se necesitan métodos de evaluación bien definidos y coherentes para los indicadores de circularidad, para garantizar un cálculo y una interpretación coherentes de los resultados. Se utilizan normas, reglas o reglamentos existentes que proporcionan una definición y un procedimiento claros sobre cómo medir datos y calcular o evaluar el indicador de circularidad.

7.3. Elección de indicadores para la medición de la circularidad

7.3.1. Indicadores base de circularidad

En el Anexo A se proporciona un conjunto mínimo de indicadores cuantitativos básicos de circularidad que deberían considerarse para la medición y evaluación de la circularidad.

La Tabla 3 muestra el nombre y una breve descripción de cada indicador base de circularidad, junto a una referencia al apartado del Anexo A que proporciona especificaciones adicionales o recomendaciones de fórmulas de medición y cálculo. Estos indicadores base de circularidad se utilizan activamente como parte de los sistemas de indicadores de circularidad y son reconocidos por proporcionar una medida efectiva y práctica del desempeño circular.

Los flujos de entrada y flujos de salida de recursos del sistema en foco se deben cuantificar y equilibrar completamente, mediante el uso de los indicadores obligatorios de los Capítulos A.2 y A.3, teniendo en cuenta las variaciones de los stocks. Si un indicador base de circularidad no es aplicable, la organización debería explicar por qué y puede contar el valor del indicador como cero.

Los indicadores de circularidad se organizan en categorías, de modo que los materiales, el agua y la energía se tratan por separado. Esta separación se debe a que tanto el agua como la energía tienen aspectos únicos que se deberían medir para determinar el desempeño circular. La referencia a “material” incluye todos los recursos físicos, excepto aquellos que se abordan explícitamente en otras categorías de indicadores de circularidad. “Material” incluye productos manufacturados, dado que están compuestos de materiales.

Los indicadores base de circularidad pueden complementarse con indicadores adicionales de circularidad para cumplir el objetivo y el alcance de la medición y evaluación de la circularidad. Un enfoque de materialidad puede ser valioso para priorizar y seleccionar indicadores relevantes para la medición. El Anexo B proporciona ejemplos de indicadores adicionales de circularidad.

Tabla 3 — Indicadores base de circularidad

Categoría de indicador	Obligatorio/optional	Indicador de circularidad	Descripción resumida (véase el Anexo A para ver las especificaciones técnicas)	Información adicional
Flujos de entrada de recursos	Obligatorio	A.2.2 Contenido reusado promedio del flujo de entrada (X)	Fracción de entrada de recursos materiales que corresponde a componentes y productos reusados	Retener el valor del recurso
	Obligatorio	A.2.3 Contenido reciclado promedio del flujo de entrada (X)	Fracción de entrada de recursos materiales que corresponde a materiales reciclados	Añadir al valor del recurso
	Obligatorio	A.2.4 Contenido renovable promedio del flujo de entrada (X)	Fracción del flujo de entrada de recursos materiales (X) que es un material renovable producido de forma sostenible	Añadir al valor del recurso
Flujos de salida de recursos	Opcional	A.3.2 Vida útil promedio de un producto o material respecto al promedio de la industria	Indicador del tiempo que un recurso de salida (por ejemplo, un producto) seguirá siendo utilizado frente al promedio de la industria	Retener el valor del recurso
	Obligatorio	A.3.3 Porcentaje real de productos y componentes reusados,	Fracción del flujo de salida que es reusado	Retener el valor del recurso

Categoría de indicador	Obligatorio/optional	Indicador de circularidad	Descripción resumida (véase el Anexo A para ver las especificaciones técnicas)	Información adicional
		derivados del flujo de salida (X)		
	Obligatorio	A.3.4 Porcentaje real de materiales reciclados derivados del flujo de salida (X)	Fracción del flujo de salida que se convierte en material reciclado	Recuperar el valor del recurso
	Obligatorio	A.3.5 Porcentaje real de recirculación del flujo de salida en el ciclo biológico	Fracción del contenido del flujo de salida que se recircula en el fin de vida para su retorno seguro a la biosfera y que cumple las condiciones de cualificación para la recirculación	Recuperar el valor del recurso
Energía	Opcional	A.4.2 Porcentaje promedio de energía consumida que es energía renovable	Fracción de la energía neta consumida que cuenta como energía renovable, teniendo en cuenta los flujos de entrada y flujos de salida de energía	Recuperar el valor del recurso
Agua	Opcional	A.5.2 Porcentaje de agua tomada de fuentes circulares de flujos de entrada	Porcentaje de la demanda anual de agua que se deriva de fuentes circulares	Mantiene un flujo circular de recursos
	Opcional	A.5.3 Porcentaje de agua vertida de acuerdo con los requisitos de calidad	Porcentaje (en volumen) de agua total obtenida que se vierte de acuerdo con los principios de circularidad	Mantiene un flujo circular de recursos
	Opcional	A.5.4 Proporción (<i>in situ</i> o interna) de reúso o recirculación de agua	Ciclos de reúso del agua <i>in situ</i>	Mantiene un flujo circular de recursos
Económico	Opcional	A.6.2 Productividad material (PM)	Proporción de ganancias generadas por la masa total de todos los flujos de entrada de recursos lineales	Indica la reducción de recursos

Categoría de indicador	Obligatorio/optional	Indicador de circularidad	Descripción resumida (véase el Anexo A para ver las especificaciones técnicas)	Información adicional
	Opcional	A.6.3 Índice intensidad recursos (IIR)	Medición cuantitativa de de crecimiento económico versus el uso total de recursos	Indica la reducción de recursos

EJEMPLO

Durabilidad de un automóvil.

La durabilidad de un automóvil se puede definir como el número de kilómetros después de los cuales se tiene que desmontar la carrocería. Algunas operaciones de reparación y mantenimiento pueden ocurrir durante la etapa de uso. A medida que el producto se ofrece en el mercado, el proveedor tiene que especificar los detalles sobre los eventos limitantes.

Es muy importante que los términos “contenido primario”, “contenido reusado”, “contenido reciclado” y “contenido renovable” se tienen que definir de manera que para cualquier producto la suma sea del 100 %. Si el contenido reciclado es del 50 %, y el contenido reusado es del 20 %, entonces el contenido primario es del 30 %.

El contenido reusado de un automóvil consiste en la masa total de repuestos provenientes de otros automóviles que han sido desmontados después de su uso e incorporados al automóvil bajo estudio.

El contenido reciclado es la masa total de material reciclado (por ejemplo, metales y plásticos reciclados) en un automóvil. Se aclara hasta qué punto los desechos de proceso pueden definirse como material reciclado.

El contenido primario es la masa total del automóvil menos el contenido reusado y el contenido reciclado.

7.3.2. Indicadores adicionales para apoyar las mediciones de flujo

Los indicadores base de circularidad pueden complementarse con los indicadores o recomendaciones adicionales abordados en el Anexo B. Sin embargo, todavía pueden ser necesarios otros indicadores, como los siguientes:

- a) Identificar y crear indicadores de medición de flujo para reflejar los cambios debidos a la modificación del modelo de venta de productos, por ejemplo:
 - 1) una lista de recursos necesarios para convertir un producto en un sistema producto-servicio;
 - 2) una lista de los recursos necesarios para mantener la función de servicio del producto.
- b) Identificar y crear indicadores de medición de flujo para reflejar reducciones en el material comprado y manipulado (por ejemplo, debido a la minimización cooperativa de materiales), por ejemplo:
 - 1) una lista de los materiales adquiridos y manipulados periódicamente; a la minimización cooperativa de materiales en la cadena de suministro;
 - 2) una lista de recursos necesarios para la producción y manipulación colectiva de materiales.

7.3.3. Indicadores adicionales para apoyar las mediciones de flujo

Diferentes métodos complementarios pueden ayudar en la medición y evaluación de cómo los objetivos y acciones circulares impactarán los aspectos sociales, ambientales y económicos dentro y desde el sistema en foco. Los métodos complementarios pueden proporcionar indicadores aceptados para medir y evaluar esos impactos en la sostenibilidad (por ejemplo, adversos o beneficiosos). En el Capítulo 8 se describen orientaciones sobre la aplicación de métodos complementarios. En el Anexo C se incluyen ejemplos de métodos complementarios.

7.4. Indicadores adicionales para apoyar las mediciones de flujo

Es valioso explorar los cálculos de los indicadores de circularidad que contribuyan a retener, recuperar y añadir valor en los recursos. Se debería tener en cuenta que los términos “añadir”, “contribuir”, “retener” y “recuperar” pueden dar lugar a valores negativos, es decir, se pierde valor.

Dentro de la economía circular, el valor puede ser complejo y difícil de medir, y requiere una consideración cuidadosa. Esta complejidad surge porque el valor no sólo representa el valor económico de un recurso o producto, sino también su valor ambiental y social. Muy a menudo el valor económico no refleja los impactos sociales o ambientales, que pueden estar asociados con costos que surgen fuera del sistema en foco.

EJEMPLO 1

El precio de una botella plástica para bebidas no suele incluir los costos de recolección, clasificación, lavado y reciclaje de las botellas desechadas ni la contaminación ambiental.

EJEMPLO 2

La reparación de televisores no siempre representa una ventaja económica para el fabricante (donde las ventas generan retorno económico), pero es probable que represente un valor ambiental (por ejemplo, eficiencia de recursos, disminución de desechos, evitar emisiones y vertidos tóxicos desde los vertederos), económico para el usuario (por ejemplo, evitar nuevas compras) y social (por ejemplo, empleo local) significativos.

Los indicadores de circularidad pueden medir el grado en que los aspectos de circularidad de un producto, proceso u operación (por ejemplo, en una organización, una cadena de valor o una región) están alineados con los objetivos y principios de la economía circular. Para proporcionar una evaluación significativa del valor de los recursos es crítico medir los flujos de recursos dentro del sistema en foco y sus flujos de entrada y flujos de salida con el sistema económico más amplio. Esto se puede utilizar para estimar el valor económico exacto, así como para proporcionar entrada para la evaluación del impacto ambiental y social.

EJEMPLO 3

Cálculo del valor.

Si una empresa utiliza materiales con valores ambientales bien definidos (por ejemplo, carbono incorporado, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), otras emisiones y vertidos), se pueden utilizar acciones circulares que reduzcan el uso de recursos para calcular el valor ambiental.

Si se utiliza el 50 % de material reciclado (plástico r) (según se estima utilizando A.2.3) y las emisiones de GEI del plástico virgen (plástico v) y del plástico r se establecen en 2,20 kg de CO₂e y 0,9 kg de CO₂e por kg de plástico, entonces la cantidad de emisiones de GEI es de 1,55 kg por kg de plástico. El cálculo es el siguiente: 2,2 kg CO₂e (x 50 %) + 0,9 kg CO₂e (x 50 %) = 1,1 kg CO₂e + 0,45 kg CO₂e = 1,55 kg CO₂e.

El valor económico de la reducción de 1 tonelada de emisiones de CO₂e puede calcularse, por ejemplo, basándose en el sistema internacional de comercio de emisiones de carbono.

NOTA: CO₂e indica el equivalente de CO₂ de las emisiones totales de GEI, es decir, incluidos gases distintos del CO₂, como el CH₄, normalizados por su potencial de calentamiento de efecto invernadero.

El Anexo A proporciona ejemplos de cálculo adicionales para indicadores base de circularidad. El Capítulo 8 presenta orientación y ejemplos de la evaluación del valor social, ambiental y económico.

7.5. Agregación de indicadores de circularidad

Los sistemas complejos pueden requerir la "agregación" de datos provenientes de múltiples sistemas o subsistemas. Los productos o carteras de productos complejos a menudo requieren datos de varios componentes. La medición puede requerir la agregación de datos de fuentes externas, así como de fuentes internas. La agregación también puede ser necesaria para niveles de sistema superiores. La organización debería garantizar una agregación confiable en términos de los límites del sistema, los indicadores utilizados, la fuente de los datos, las estimaciones y las suposiciones realizadas.

Véase el Anexo G para obtener información adicional.

7.6. Adquisición de datos

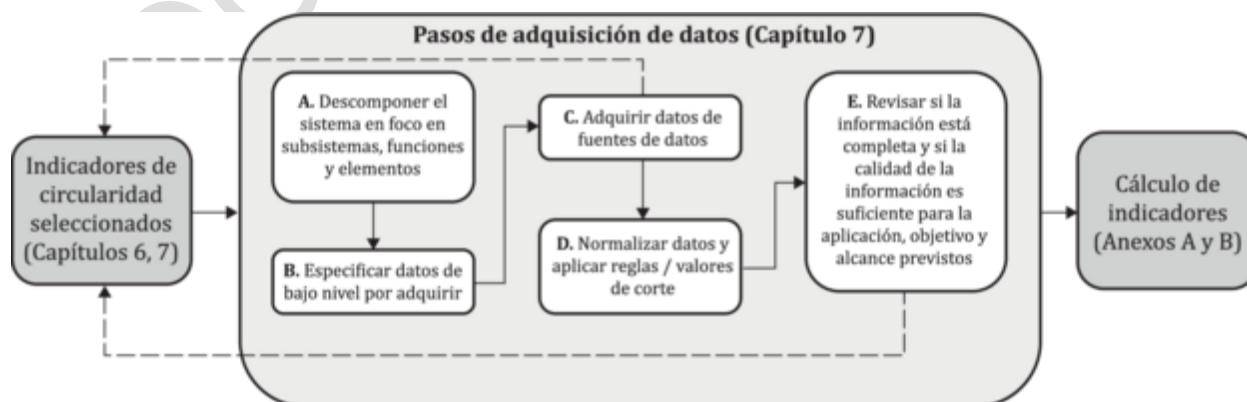
7.6.1. Pasos de adquisición de datos

7.6.1.1. Generalidades

Para adquirir los datos necesarios para la medición de la circularidad, se pueden aplicar los pasos de adquisición desde el A hasta el E, como se ilustran en la Figura 8 y se explican en los apartados del 7.6.1.2 al 7.6.1.6.

Este diagrama de flujo es general para cualquier proceso de adquisición de datos. Ya sea que las mediciones se den dentro de la organización o en partes interesadas externas, se aplican los fundamentos de la trazabilidad y verificabilidad de los datos. Tenga en cuenta que los desafíos en la adquisición de datos pueden llevar al ajuste de los indicadores seleccionados, del establecimiento de límites y del objetivo y alcance.

Figura 8 — Proceso de adquisición de datos



7.6.1.2. Paso A: Descomponer el sistema en foco

Para permitir una adquisición sistemática de datos y proporcionar transparencia a los datos adquiridos, se recomienda que el sistema en foco se subdivida en sus componentes elementales para los cuales la adquisición de datos se puede ejecutar de manera práctica, como la identificación de fuentes de datos para los flujos de entrada y flujos de salida generales.

Esta división del sistema en foco en subprocesos puede tomar la forma de un diagrama gráfico, como un diagrama de flujo de procesos, que especifica todas las operaciones, procesos y actores relevantes y su intercambio de recursos (se proporcionan ejemplos en el Anexo H).

7.6.1.3. Paso B: Especificar requisitos de datos de bajo nivel

Después del desglose del sistema y la identificación de las fuentes de datos generales, los datos se especifican aún más con respecto a los esfuerzos necesarios y el grado en que es factible adquirir datos primarios, específicos o de primer plano, y respecto a si se necesitan enfoques de adquisición de datos específicos o si es necesario hacer concesiones para conseguir un conjunto de datos completo. La organización debería decidir y justificar qué datos pueden ser secundarios, genéricos y de segundo plano.

A menudo, esto necesitará datos de partes interesadas externas, como proveedores, socios comerciales y revendedores. Estos datos deberían identificarse claramente y entenderse mutuamente, para que todas las partes involucradas estén preparadas para adquirir y compartir los datos.

7.6.1.4. Paso C: Adquirir datos de fuentes de datos

Para datos que no se pueden adquirir con esfuerzos razonables, se deberían evaluar las consecuencias de la falta de datos. Si las consecuencias son graves o los datos son críticos, la organización debería considerar las siguientes opciones para mitigar la falta de datos:

- Enfoques de adquisición alternativos, como la modelización, que proporciona técnicas para derivar los datos necesarios a partir de la teoría o de información existente;
- Formas alternativas de medir el indicador, por ejemplo, mediante un balance de recursos, en lugar de una medición directa;
- Utilizar datos de segundo plano, por ejemplo, datos genéricos del sector o datos adaptados de otro país (se proporcionan ejemplos en el anexo f);
- Elegir indicadores alternativos para evitar la necesidad de datos específicos y no disponibles.

Esta no divulgación de datos generalmente se refiere a componentes y flujos del sistema económico más amplio que están fuera del sistema en foco y que pueden ser propiedad

de partes interesadas externas y ser producidos por las mismas (por ejemplo, proveedores).

7.6.1.5. Paso D: Normalizar datos y aplicar reglas y valores de corte

Los datos adquiridos deberían balancearse y normalizarse según el denominador común del sistema en foco, como "por función proporcionada", "por vida útil del producto" o "por producción anual". Todas estas transformaciones se deberían documentar.

7.6.1.6. Paso E: Comprobar si la información está completa

Verificar si la información que está completa incluye, entre otras cosas, que para cada dato adquirido y cada indicador seleccionado:

- Se cumplen todos los requisitos de datos presentados en el apartado 7.6.2;
- Hay todos los datos necesarios para proporcionar una cuantificación veraz de su aspecto de circularidad total por unidad de cálculo por indicador y por la cuantificación balanceada de todo el sistema en foco;
- Todas las justificaciones y supuestos están actualizados y documentados, están disponibles junto a los datos, y reflejan tanto los detalles como el resultado total cuantificado.

7.6.2. Pasos de adquisición de datos

Los datos adquiridos deberían cumplir los siguientes requisitos:

- Los requisitos de calidad de los datos establecidos en el objetivo y el alcance, para satisfacer las necesidades de la aplicación del resultado;
- El nivel de detalle y especificación que implica cada indicador de circularidad seleccionado;
- Ser representativos y ser estadística, espacial y temporalmente coherentes con los requisitos de los indicadores de circularidad seleccionados, el sistema económico y el sistema en foco;
- Esforzarse por ser datos específicos, basados en datos primarios;
- Clasificarse como de primer o segundo plano, primarios o secundarios, específicos o genéricos (los datos secundarios y genéricos deberían aplicarse de manera conservadora y no exagerar la circularidad);
- Ser adquiridos y suministrados con documentación suficiente para permitir la verificación de qué tan bien representan los criterios anteriores, la confiabilidad de su fuente de datos, cualquier brecha de datos conocida y otra información de importancia para la interpretación de los datos;
- Ser provistos con una justificación del nivel de cumplimiento de los criterios anteriores.

Cuando no se pueda confirmar la calidad y fiabilidad de los datos alternativos, se deberían aplicar de manera tal que no se sobreestime el desempeño circular, y solo se deberían utilizar para la toma de decisiones interna.

EJEMPLO

Adquisición de datos para una organización.

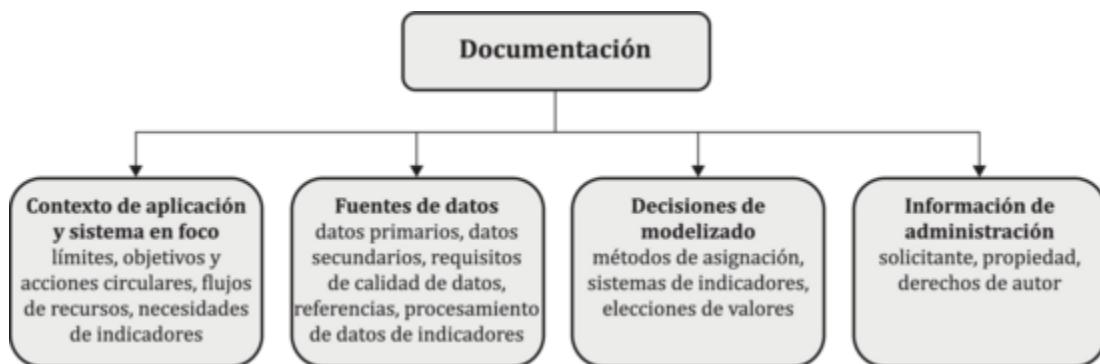
Una empresa que fabrica botellas de vidrio para bebidas quiere medir la circularidad de sus operaciones comerciales. Los límites del sistema en foco se establecen en torno a las actividades operativas centrales, incluidas tanto las actividades dentro de los límites de la organización de la empresa como las externas. Las actividades dentro de la organización de la empresa incluyen, por ejemplo, el diseño, la compra, la fabricación, la venta, la distribución y la limpieza de las botellas que regresan debido a la operación de recuperación de botellas. Las actividades operativas centrales fuera de los límites de la empresa son, por ejemplo, la logística, el sistema de recuperación de botellas, el reciclaje de vidrio, el tratamiento de aguas residuales y la gestión de residuos sólidos. Las botellas se fabrican en 15 plantas en 3 continentes. Los datos se adquieren de tres fuentes:

- a) Adquisición de datos dentro de los límites organizacionales: los datos para los volúmenes de producción de botellas se determinan a partir de las estadísticas de ventas. Los datos para la cantidad de botellas recuperadas se adquieren a partir de la logística interna, después de la limpieza de las botellas recuperadas, ya que la limpieza resulta en roturas. Los datos sobre la cantidad de vidrio adquirido para la producción de botellas se obtienen de las órdenes de entrega. El límite temporal se basa en la vida útil promedio para una botella después de ser retornada mediante el sistema de recuperación o de reciclaje. La vida útil promedio se basa en estadísticas internas de la empresa.
- b) Adquisición de datos fuera de la organización: Los datos para calcular la proporción de vidrio que se basa en materia prima virgen se adquieren de los proveedores. Los diferentes centros de producción y mercados de botellas tienen diferentes posibilidades técnicas y soluciones para sistemas de recuperación, reciclaje, tratamiento de aguas residuales, gestión de residuos sólidos, logística y producción de energía. Si el resultado de la medición y evaluación está destinado a tomar decisiones para mejorar el desempeño circular, puede ser necesario adquirir datos locales específicos para cada sitio de producción y cada mercado donde se venden, transportan, gestionan como residuos, recuperan, etc. La vida útil promedio de una botella antes de ser devuelta mediante recuperación o reciclaje también depende de las diferencias locales.
- c) Adquisición de datos para métodos complementarios: Si el resultado de la medición y evaluación también pretende considerar aspectos del cambio climático o del consumo de recursos, también se pueden adquirir datos para calcular las huellas de carbono e hídrica. Los datos necesarios incluyen, por ejemplo, las emisiones para el transporte (por ejemplo, tanto de salida como de entrada), la energía utilizada en la producción de botellas de vidrio, la energía utilizada para el reciclaje de botellas y la limpieza, así como el consumo de agua y los procesos de tratamiento de aguas residuales.

7.7. Documentación

La Figura 9 resume los elementos de información que se deberían documentar para permitir que un usuario final evalúe la calidad de los datos del resultado de una medición o evaluación de circularidad.

Figura 9 — Documentación para evaluar la calidad



Para permitir y facilitar la interpretación del desempeño circular y su precisión, la documentación debería incluir, entre otras cosas, lo siguiente:

- a) El contexto y aplicación, y el sistema en foco:
 - 1) El nivel de sistema para la medición y evaluación;
 - 2) El sistema en foco, incluidos los subsistemas anidados, procesos, unidades funcionales, ubicaciones, etc.;
 - 3) Los límites del sistema en foco, incluidos los límites espaciales y temporales;
 - 4) Los objetivos y acciones circulares y aspectos de circularidad relacionados que se deben medir;
 - 5) Los tipos, propiedades, cantidades y otras cualidades o cuantificaciones relevantes de los flujos de recursos;
 - 6) Las fuerzas económicas, sociales o ambientales que pueden influir en el desempeño de la circularidad.
- b) Las fuentes de datos:
 - 1) Referencias de las fuentes de datos;
 - 2) Descripción de cómo se han adquirido los datos (generalmente, medición, datos de medición agregados estadísticamente, modelado matemático a partir de datos estadísticos, modelado matemático a partir de datos de diseño, o combinaciones de estos);
 - 3) Metadatos para distinguir entre datos “verificados” y “no verificados” o “validados” y “no validados”;
 - 4) Influencias contextuales de los datos utilizados en el análisis (como serían influencias territoriales, estacionales y sectoriales);
 - 5) Descripción de cómo se han procesado los datos;
 - 6) Declaraciones sobre la calidad de los datos reportados, por parte del profesional.
- c) Las elecciones de modelado:

- 1) Métodos de asignación utilizados para separar el sistema en foco del sistema amplio, límites de corte, y otras elecciones relevantes sobre el establecimiento de límites del sistema;
 - 2) Sistema de indicadores utilizado para cuantificar la medición y la evaluación;
 - 3) Interfaces pertinentes con sistemas sociales, ambientales o económicos.
- d) Información administrativa:
- 1) Información relevante sobre las razones y la decisión de realizar una medición y evaluación del sistema en foco;
 - 2) Propiedad de datos;
 - 3) Fecha de publicación;
 - 4) Derechos de autor.

8. Evaluación de la circularidad e informe

8.1. Evaluación de criterios de circularidad

Al realizar la evaluación, se requiere que la organización revise la aplicación de:

- a) Los principios de economía circular de la Norma ISO 59004;
- b) Los principios para la medición y evaluación de la circularidad del Capítulo 4;
- c) Los indicadores base de circularidad del Capítulo 7, la Tabla 3 y la orientación del Anexo A.

La evaluación de la circularidad implica la evaluación e interpretación de los resultados de las mediciones de circularidad para determinar el desempeño circular del sistema en foco. El desempeño circular es el grado en que un conjunto de aspectos de la circularidad se alinea con los objetivos y principios centrales de una economía circular.

El ACV debería complementar la información proporcionada por los indicadores de circularidad, proporcionando cualquier dato adicional necesario para tener en cuenta el consumo de recursos lineales y los flujos de salida de recursos no circulares (aunque el RFA y el inventario del ciclo de vida (LCI, por sus siglas en inglés) deberían proporcionar información similar), así como los impactos ambientales y sociales de la extracción de recursos y las pérdidas de recursos, dentro y fuera del sistema en foco.

La evaluación debería considerar las contribuciones a y los posibles conflictos/intercambios con el desarrollo sostenible, ya que los impactos sociales, ambientales y económicos pueden estar inherentemente vinculados a los objetivos y acciones circulares de la organización.

Los métodos complementarios pueden ser instrumentos útiles al realizar la medición y evaluación. Se pueden aplicar métodos, enfoques, directrices o normas existentes para complementar la medición y evaluación de la circularidad.

EJEMPLO

La Agenda 2030 de las Naciones Unidas[54] sirve como método complementario para determinar los impactos en los ODS.

El Anexo C proporciona ejemplos de métodos complementarios.

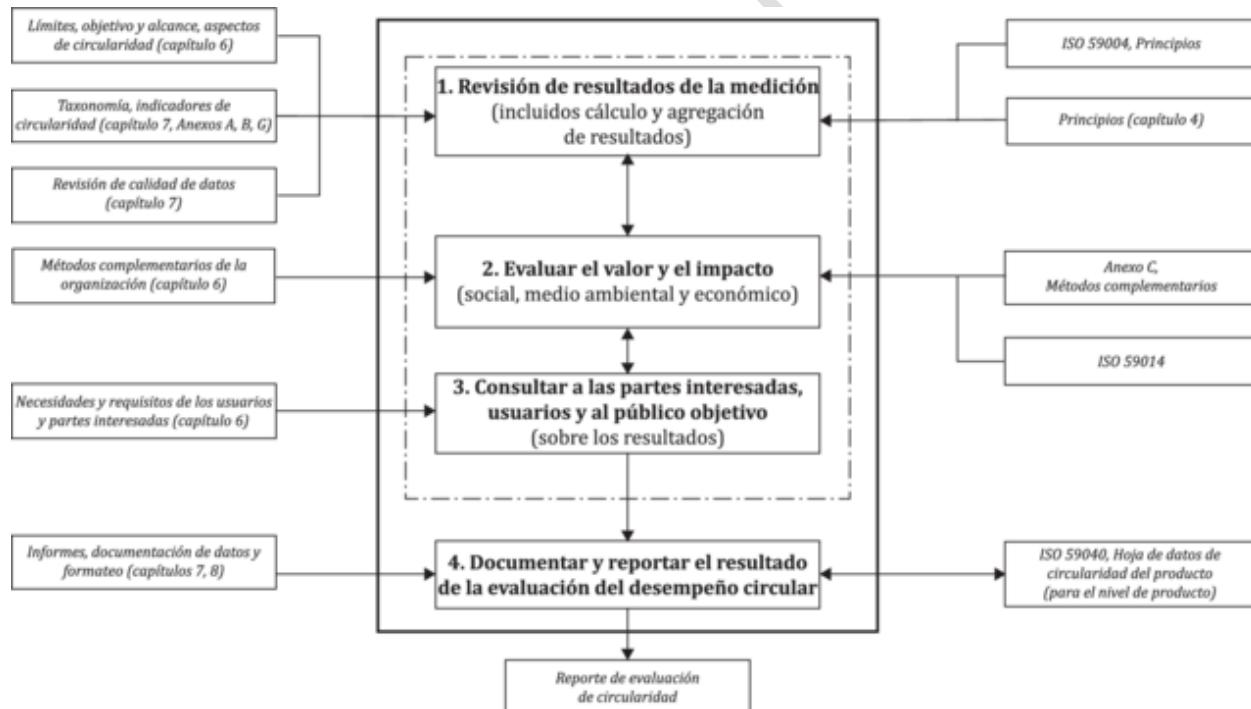
8.2. Pasos para evaluar el desempeño circular

La Figura 10 resume los pasos individuales necesarios para evaluar el desempeño circular:

- Revisar los hallazgos y la utilidad de los resultados de la medición;
- Incluir consideraciones basadas en resultados de métodos complementarios;
- Consultar a las partes interesadas, los usuarios y los públicos objetivo;
- Documentar e informar el resultado de la evaluación del desempeño circular.

Los primeros tres pasos pueden reiterarse cuando sea necesario. Los pasos se basarán en la información relevante de esta norma y de las Normas ISO 59004, ISO 59010, ISO 59014 e ISO 59040.

Figura 10 — Pasos para evaluar el desempeño circular



8.3. Paso 1: Revisar los resultados de la medición

Al revisar los resultados de la medición se deberían interpretar los siguientes aspectos:

- ¿En qué medida se pueden medir los objetivos circulares y los resultados de las acciones?

- ¿Qué funcionó bien al establecer los límites del sistema en foco y cuáles fueron las limitaciones?
- ¿En qué medida se pueden medir los indicadores de circularidad y qué indicadores se utilizaron?
- ¿Qué indicadores y mediciones proporcionan resultados que sean útiles para guiar las decisiones y para mejorar el logro de los objetivos de circularidad?
- ¿Qué cálculos o agregaciones se utilizaron? y ¿Se pueden utilizar los resultados para realizar evaluaciones comparativas internas o externas?
- ¿Cuáles de los principios de la Norma ISO 59004 se aplicaron, cuáles no, y por qué?
- ¿Cuáles de los principios del Capítulo 4 se aplicaron, cuáles no, y por qué?
- ¿En qué medida se pueden cumplir los requisitos de calidad de los datos primarios y secundarios utilizados en las mediciones y qué criterios de corte fueron útiles? y ¿Cuáles son las brechas en la adquisición de datos e información?
- ¿Se han identificado riesgos de impactos no deseados o indirectos que merezcan un análisis adicional?

Para ser transparentes, los procesos, procedimientos, métodos, fuentes de datos y supuestos para proporcionar y generar información deberían ponerse a disposición de todas las partes interesadas relevantes, utilizando formatos, medios y un lenguaje que satisfagan sus expectativas y necesidades. Esto también cubre la accesibilidad de los metadatos, la documentación y los servicios de apoyo.

8.4. Paso 2: Evaluación del valor y el impacto

8.4.1. Generalidades

Al evaluar el desempeño circular, se debería considerar una perspectiva amplia de la sostenibilidad, para maximizar la contribución al desarrollo sostenible.

La organización puede aplicar métodos, enfoques, directrices o normas existentes (es decir, resumidos como “métodos complementarios”) para:

- Medir aspectos adicionales de circularidad;

EJEMPLO 1

A nivel de producto con el ACV y en los flujos de recursos con los métodos de MFA y las normas internacionales (por ejemplo, la Norma ISO 14053).

- Evaluar los impactos y valores sociales, ambientales y económicos.

EJEMPLO 2

Con normas sobre responsabilidad Social (por ejemplo, la Norma ISO 26000), temas ambientales (por ejemplo, la familia de Normas ISO 14000) y aspectos económicos (por ejemplo, métodos de costeo del ciclo de vida (LCC, por sus siglas en inglés)).

Los métodos complementarios pueden proporcionar indicadores normalizados para medir y evaluar los impactos en la sostenibilidad. El Anexo C proporciona información más detallada sobre métodos complementarios con criterios de selección, métodos normalizados de la ISO y otros métodos (por ejemplo, desarrollados por la ONU y la OCDE[51]).

EJEMPLO 3

Impactos en la sostenibilidad:

- Social: los cambios en el uso de los recursos pueden afectar, positiva o negativamente, los patrones de empleo locales y nacionales. Por ejemplo, las comunidades locales que dependen de la minería de recursos como fuente de empleo pueden verse afectadas a medida que disminuye la demanda de recursos. Alternativamente, pueden surgir nuevas oportunidades laborales cuando aumentan los enfoques de reparación y reciclaje. Un mejor desmontaje de productos y componentes puede mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, mientras que el diseño circular y el reúso de productos y soluciones pueden beneficiar a los consumidores.
- Medioambiental: el aumento del uso de la madera como recurso renovable puede provocar una tala demasiado rápida de los bosques y dañar sus ecosistemas. Reducir los residuos que van a los rellenos sanitarios puede evitar la contaminación del suelo y los ecosistemas.
- Económico: los cambios en el uso de recursos pueden tener efectos positivos o negativos en los costos de los productos y soluciones; Las acciones circulares de reparar, restaurar, remanufacturar y de reutilización pueden afectar los precios de los recursos renovables y no renovables.

NOTA: Los impactos socioeconómicos se refieren a los efectos que las actividades económicas y las condiciones sociales tienen en una comunidad, una sociedad o el bienestar general de los individuos. Estos impactos pueden incluir cambios en el empleo, la distribución del ingreso, los niveles de vida, el acceso a los recursos y la calidad de vida en general.

A menudo hay intercambios entre el valor económico, ambiental y social o intercambios entre aspectos económicos, ambientales o sociales. Por este motivo, es importante considerar todos los aspectos y sopesarlos caso por caso. A menudo los valores económicos se consideran con detalle, pero los aspectos ambientales y sociales no se evalúan o no se evalúan suficientemente. Una perspectiva holística y de largo plazo ayudará a encontrar el enfoque más sostenible.

EJEMPLO 4

Casos con posibles intercambios:

- Suscripción a una tienda para compartir ropa: se crea una nueva necesidad de usar regularmente algo diferente, que puede ser menos amigable con el medio ambiente que el uso prolongado de la misma ropa disponible en casa.
- Sustitución de una materia prima de origen fósil por un material renovable para la producción de plásticos: el material podría haberse utilizado como alimento (por ejemplo, en el caso del maíz), o el cultivo a gran escala del biomaterial puede dañar la biodiversidad. El uso de biomateriales procedentes de fuentes de bajo valor o de residuos puede evitar estos conflictos.
- Reúso de materiales de construcción: el reúso conserva productos completos, la energía y las emisiones de GEI, que ya se habían invertido para la producción del material. Sin embargo, si el nuevo destino de uso está lejos, se crean emisiones adicionales del transporte. La elección de destinos de reúso locales mantiene bajas las emisiones del transporte.

8.4.2. Valor económico

Una evaluación económica cuantifica el desempeño económico de un enfoque circular o una acción de circularidad. La evaluación ofrece una base importante para la toma de decisiones (por ejemplo, implementar un modelo de negocio circular, comprar un producto con aspectos de circularidad en lugar de uno lineal).

La organización puede aplicar métodos que consideren todos los costos y beneficios en los que se incurrirá durante el ciclo de vida de los productos. Los indicadores y métodos para la evaluación del valor económico se pueden encontrar en los Capítulos A.6 y B.6 y en el Anexo C.

El costo del ciclo de vida (LCC) es un método complementario (véase el Anexo C) que puede utilizarse para analizar los costos. El LCC incluye:

- a) Costo total de propiedad (TCO), que incluye:
 - 1) Precio de compra y todos los costos asociados (por ejemplo, embalaje, entrega, daños al producto, instalación, seguro);
 - 2) Costos operativos, incluido el uso de energía, combustible y agua, los consumibles, los repuestos y el mantenimiento;
 - 3) Costos del fin de vida, como el desmantelamiento o la disposición.

- b) Impactos positivos o negativos para la sociedad y el medio ambiente que puedan cuantificarse en valor monetario (por ejemplo, con la Norma ISO 14008).

8.4.3. Retención del valor económico, ambiental y social

Dentro de un sistema de bucle cerrado, el valor de los recursos puede retenerse mediante un flujo circular de recursos, mediante acciones como el reúso o la remanufactura. Sin embargo, esto puede dar lugar a cambios sustanciales en el valor, como se describe a continuación, que reflejan la naturaleza compleja del valor. El cálculo de indicadores de esta categoría requiere cuantificar correctamente los flujos de recursos, como cantidades de flujos por unidad de tiempo, cantidades de emisiones y vertidos, y cantidades de pérdidas. Los flujos de recursos debidamente considerados pueden utilizarse para estimar los impactos económicos, ambientales y sociales resultantes.

Las consideraciones importantes son:

- Beneficios económicos debidos a una mayor innovación y competitividad, así como debidos a comparaciones de costos económicos entre contenido virgen, recuperado, renovable y no renovable, y ahorros de costos debido a la reducción de recursos utilizados y a menores costos de distribución;
- Beneficios ambientales del uso reducido de recursos vírgenes; basado en un acv multicriterio;
- Los beneficios sociales incluyen, por ejemplo, beneficios para la salud, debido a una menor contaminación (química); aumento del empleo de trabajadores locales, y mejora de la calidad y de la experiencia del consumidor;
- La calidad de los datos utilizados al calcular un indicador cuantitativo es imperativa y debería representar el mismo marco temporal, representación geográfica u otro monitoreo de acciones circulares que se pretende con la medición.

Los indicadores para retener el valor de los recursos se detallan en la Tabla 2, como "Porcentaje real de productos y componentes reusados derivados de un flujo de salida".

EJEMPLO

Valor del vidrio reciclado.

En algunos países se recicla más del 90 % de todas las botellas de vidrio. Los desechos de vidrio (Cullet) (es decir, vidrio reciclado) se mezclan con material virgen para producir botellas nuevas. El coste económico de una botella de vidrio reciclada y virgen puede ser similar, debido a los costes de fabricación. Sin embargo, una botella de vidrio reciclado tiene impactos ambientales en el ciclo de vida que se pueden considerar en comparación con materiales para botellas alternativos, como evitar la extracción de arena, el lavado, la producción de tintes para vidrio coloreado y otros procesos. También existen costos de residuos y rellenos sanitarios que se evitan con el enfoque circular. Esto significa que el valor neto del vidrio reciclado puede ser mayor que el del vidrio virgen, a pesar de tener costos de proceso y fabricación similares.

A menudo existen intercambios entre el valor económico, ambiental y social. Por ejemplo, si las tecnologías de recuperación, tratamiento y reciclaje añaden un gasto considerable o están asociadas con altas cargas ambientales (por ejemplo, emisiones de GEI) o resultados sociales deficientes (por ejemplo, menor empleo, uso de la tierra), el valor neto puede ser menor.

8.4.4. Añadir valor a los recursos

Dentro de los bucles donde los componentes de productos usados, los recursos o los flujos de residuos que no se han utilizado se utilizan posteriormente dentro de diferentes ciclos de productos o procesos, el valor del recurso se puede aumentar o disminuir. El valor debería evaluarse de manera holística en lugar de simplemente evaluar el valor económico.

La adición de valor a los recursos puede verse afectada de diferentes maneras, con requisitos de cálculo fundamentalmente diferentes. Para calcular con precisión el valor añadido general del sistema, es importante establecer los límites del sistema, para incluir la fase de uso en productos con un mayor valor económico.

8.4.5. Recuperar el valor de los recursos

La recuperación del valor de los recursos puede describirse como la utilización de recursos provenientes de materiales o productos en su ciclo de fin de vida que, de otro modo, podrían desecharse y tratarse como residuos. En este punto, un recurso recuperable se convierte en un recurso recuperado. Además, un recurso anteriormente no recuperable puede convertirse en un recurso recuperable y recuperarse efectivamente una vez que se hayan superado las limitaciones tecnológicas, económicas y regulatorias que impidieron su utilización.

EJEMPLO 1

El valor de los recursos puede aumentar cuando los productos de madera de desecho, como la lignina, pueden reciclarse en fibras de carbono de alto valor.

Es necesario prestar especial atención a un examen holístico del valor de los recursos para su tratamiento o recuperación, en comparación con el tratamiento de los recursos como residuos. Los métodos complementarios para la medición de las emisiones de GEI, el carbono incorporado y el balance energético son relevantes para estimar si los procesos de recuperación tienen un valor positivo o negativo.

8.4.6. Recuperar el valor de los recursos

El resultado del proceso de medición y evaluación representa la situación del sistema en foco en un momento particular, representando datos para un intervalo de tiempo particular. Para determinar los cambios a lo largo del tiempo, la organización debería repetir la medición y evaluación periódicamente, utilizando las mismas metodologías durante un intervalo de tiempo similar. Se debería tener cuidado en la selección del período durante el cual se realiza una medición y evaluación (por ejemplo, mensual, anual, semanal) y el período entre mediciones repetidas y la evaluación, para que los resultados sean representativos y significativos. Se debería considerar la comparación de los diferentes resultados del mismo sistema en foco, debido a las condiciones cambiantes en el sistema en foco y sus límites.

La variabilidad en las fuentes de datos, los métodos de cálculo o los supuestos puede hacer que dos sistemas no sean comparables, incluso aunque todos los demás aspectos de la circularidad sean iguales. Los resultados de la evaluación no deberían utilizarse para hacer afirmaciones comparativas simplistas, como “la región, organización o producto A es más circular que la región, organización o producto B”, ya que la complejidad de los resultados impide este tipo de conclusión.

8.4.7. Comparación ambiental

Al comparar los impactos ambientales (por ejemplo, para realizar evaluaciones comparativas, declaraciones o informes), una organización debería actuar de manera transparente. Los informes de evaluación de la circularidad pueden ser útiles para comparar los hallazgos de una organización con los hallazgos existentes, para identificar posibilidades de mejora.

Las declaraciones medioambientales deberían basarse en estudios de ACV revisados críticamente, siguiendo las directrices de las Normas ISO 14040 e ISO 14044, siempre que sea posible. Una organización también debería aplicar las siguientes recomendaciones:

- Consultar la Norma ISO 14021 para obtener orientación sobre declaraciones ambientales autodeclaradas;
- Las declaraciones medioambientales deberían estar respaldadas por datos documentados, en los que se den a conocer supuestos transparentes;
- Las declaraciones medioambientales deberían reflejar la consecución de los objetivos circulares.

Al comunicar los resultados de una declaración ambiental:

- Evitar la comunicación selectiva de los resultados de un estudio de evaluación circular, ya que elegir revelar ciertos resultados de un estudio de evaluación circular, sin revelar todos los hallazgos de ese estudio, puede resultar en comunicaciones ineficaces y, potencialmente, antiéticas.

- Tener cuidado con el lavado verde: no utilice resultados fuera de contexto, sea transparente, y asegurar que sus afirmaciones medioambientales puedan fundamentarse.
- Revisar las declaraciones medioambientales en su región (por ejemplo, la comisión federal de comercio (FTC) de EE. UU. Tiene recomendaciones sobre cómo hacer declaraciones ambientales, con ejemplos de palabras específicas que son y no son aceptables).

8.4.8. Comparación social

Al comparar los impactos sociales (por ejemplo, para realizar evaluaciones comparativas, declaraciones o informes), una organización puede clasificar categorías de partes interesadas y categorías de impacto para revisar los aspectos sociales del enfoque de ciclo de vida.

Por ejemplo, las categorías de partes interesadas y los impactos correspondientes pueden ser:

- Trabajadores: prácticas laborales y salud y seguridad con respecto a las actividades de reciclaje;
- Comunidades locales: desarrollo socioeconómico y salud y seguridad;
- Proveedores: repercusiones socioeconómicas sobre, por ejemplo, el diseño circular y la logística.
- Consumidores: beneficios sociales, de salud y de seguridad de los productos y servicios circulares (por ejemplo, la movilidad como servicio).

8.4.9. Comparación social

Los cambios en el uso de los recursos pueden afectar negativa o positivamente los patrones de empleo locales y nacionales. Las acciones circulares de reparar, restaurar, remanufacturar y reciclar pueden crear nuevas oportunidades de empleo. La adopción de una economía circular tiene beneficios sociales positivos, no sólo consecuencias negativas.

Los cambios en la intensidad de recursos pueden afectar los patrones de empleo locales y nacionales, creando nuevas empresas exitosas en diversos sectores, al mismo tiempo que se crean nuevos lugares para la inversión. Esto puede alejar a algunos de campos laborales anteriores hacia nuevas oportunidades de empleo. Acciones circulares como la reparación, la restauración, la remanufactura y reciclaje pueden incentivar la creación de nuevos empleos y pueden impactar el precio de los recursos de maneras diferentes a las que impactarían el precio de esos recursos en una economía lineal. Algunos recursos pueden ser más valiosos en una economía circular y otros pueden ser menos valiosos.

8.5. Paso 3: Consultar a las partes interesadas, los usuarios y el público objetivo

Al consultar a las partes interesadas, usuarios y públicos objetivo, se deberían revisar las siguientes necesidades y requisitos:

- Cómo los resultados de la medición y evaluación respaldan las acciones circulares y la toma de decisiones de las partes interesadas internas asociadas con el sistema en foco.

EJEMPLO

Desde el diseño, la adquisición, la producción, el servicio, la reparación, el montaje, la logística, las finanzas, lo legal, las ventas o el desmontaje.

- Cómo los resultados de la medición y evaluación apoyan a las partes interesadas externas involucradas o afectadas, tales como proveedores, clientes, consumidores, gobiernos, empresas de reciclaje, socios comerciales, organizaciones no gubernamentales (ONG), comunidades locales, y representantes del conocimiento tradicional, de los ecosistemas nativos y de las generaciones futuras.

8.6. Paso 4: Documentar e informar el resultado de la evaluación del desempeño circular

8.6.1. Transparencia hacia las partes interesadas

Una vez finalizada la evaluación de la circularidad, la comunicación de los resultados debería considerar las necesidades del público objetivo. Se pueden utilizar tablas y figuras para ayudar a ilustrar los flujos y valores de los recursos, así como los impactos ambientales y sociales. A fin de cuentas, la presentación de una evaluación de circularidad debería permitir una buena comprensión del desempeño y, al mismo tiempo, proporcionar total transparencia con respecto a las incertidumbres y las brechas de datos.

Al documentar el resultado del desempeño circular de los indicadores base de circularidad del Anexo A y otros indicadores (véase el Anexo B), la organización debería incluir la mejor información disponible para resumir todos los flujos de entrada y flujos de salida de recursos, incluidos los flujos no circulares del sistema en foco. La información debería describirse en términos que reflejen los intereses de las partes interesadas y debería considerar al menos:

- a) Volúmenes de recursos (balance de masa de recursos);
- b) Valores de los recursos;
- c) Calidad de los recursos.

Cuentas separadas deberían documentar los flujos de energía y los flujos y calidades del agua y de los recursos renovables y no renovables. Todos los flujos de salida no circulares se deberían documentar utilizando unidades consistentes y claramente relacionadas con las cantidades de las entradas.

8.6.2. Verificabilidad de la información

La verificabilidad de toda la documentación de los datos es un criterio clave para garantizar la transparencia.

Esta verificación se realiza para asegurar una interpretación adecuada de los resultados y para justificar explícitamente las extrapolaciones, simplificaciones o modelizaciones realizadas, considerando la confidencialidad de la información, si así se requiere. Además, se debería revelar cualquier volatilidad o incertidumbre. Cuando se utiliza un modelo de cadena de custodia para la asignación de recursos, la organización debería informar el modelo elegido, junto a los flujos de recursos a los que se aplicó.

8.6.3. Formateo

La asignación de información en la documentación de datos se denomina “formateo” e incluye:

- Interpretar y evaluar la información original en términos del alcance del formato de documentación de datos;
- Estructurar la información original;
- Introducir la información estructurada.

Las siguientes recomendaciones se aplican al formateo:

- La información debería introducirse en los metadatos apropiados;
- El documentador de datos debería garantizar que todos los datos relacionados con el sistema medido y evaluado que son importantes para la medición de la circularidad se transcriban adecuadamente y que no se genere sesgo. Se debería justificar y documentar la información que se ha omitido o modificado.

Para más información, véase el Anexo F.

8.6.4. Informar sobre sustancias peligrosas

La economía circular solo será sostenible y exitosa si los materiales se pueden reusar, reciclar, remanufacturar o reutilizar con otro propósito de manera segura. El uso o la creación de un subproducto de una sustancia considerada peligrosa puede tener impactos en la calidad del reuso y el reciclaje y, por tanto, en el éxito de la retención del valor.

Una sustancia se considera peligrosa cuando puede afectar negativamente a la salud humana o al medio ambiente. La restricción regulatoria de sustancias peligrosas específicas varía de un país a otro, ya que la determinación del riesgo varía.

Seleccionar materiales y sustancias con perfiles de bajo riesgo es importante en una economía circular, ya que pueden mantenerse en uso durante más tiempo sin causar daños. Por lo tanto, los diseñadores de productos deberían considerar el impacto de los materiales y productos químicos que seleccionan, para fomentar el uso seguro y sostenible en una economía circular. Evitar la introducción de sustancias peligrosas en materiales o productos reduce los riesgos potenciales. Las organizaciones responsables del reciclaje, recuperación y recirculación deberían solicitar información sobre la composición química de los materiales recibidos o recolectados, para garantizar una correcta manipulación y tratamiento, y para reducir el riesgo de una mala gestión.

Se pueden utilizar métodos y herramientas de declaración de materiales para comunicar información sobre sustancias peligrosas a lo largo de la cadena de valor. Por ejemplo, la Norma ISO/IEC 82474-1 proporciona un estándar intersectorial para recopilar e intercambiar información sobre sustancias y materiales en un producto. El uso de una norma internacional de este tipo ayuda a garantizar que todos los actores de la cadena de valor utilicen protocolos comunes para identificar, comunicar e interpretar la información sobre sustancias peligrosas.

Anexo A

(normativo)

Indicadores base de circularidad y medición de datos**A.1 Descripción general**

En este anexo se proporciona una lista y descripción de los indicadores base de circularidad que se deben considerar para la medición y evaluación de la circularidad. No todos los indicadores base de circularidad del flujo de entrada de recursos son necesariamente aplicables a cada nivel del sistema o a todos los tipos de sistema. En los casos en que un indicador no sea aplicable, puede contarse como cero o declararse como “no aplicable (N/A)”, explicando por qué no es aplicable. Si los datos relevantes no están disponibles, se deberían contar como cero.

Los indicadores de circularidad se agrupan en categorías, de modo que los aspectos materiales, hídricos y energéticos se analizan por separado. Esta separación se realiza dado que tanto el agua como la energía tienen aspectos únicos que deberían medirse para determinar el desempeño circular.

Muchos de los indicadores proporcionan valores porcentuales (por ejemplo, “porcentaje promedio de contenido reusado de un flujo de entrada”). Sin embargo, al calcular estos porcentajes también se deberían documentar los valores absolutos, con unidades. Esto permite evaluar adecuadamente la escala y agregar los datos.

A.2 Flujos de entrada de recursos**A.2.1 Introducción a los indicadores de circularidad de los flujos de entrada de recursos**

Los indicadores de circularidad de los flujos de entrada de recursos representan el desempeño circular de los recursos que fluyen a través de los límites del sistema hacia el sistema en foco. Todos los flujos de entrada de recursos, excepto el agua y la energía (que se abordan en categorías separadas), se deben contabilizar en esta categoría.

Los flujos de entrada de recursos se miden para cuantificar cuatro tipos de contenido:

- a) contenido reusado;
- b) contenido reciclado;
- c) contenido virgen renovable;
- d) contenido virgen no renovable.

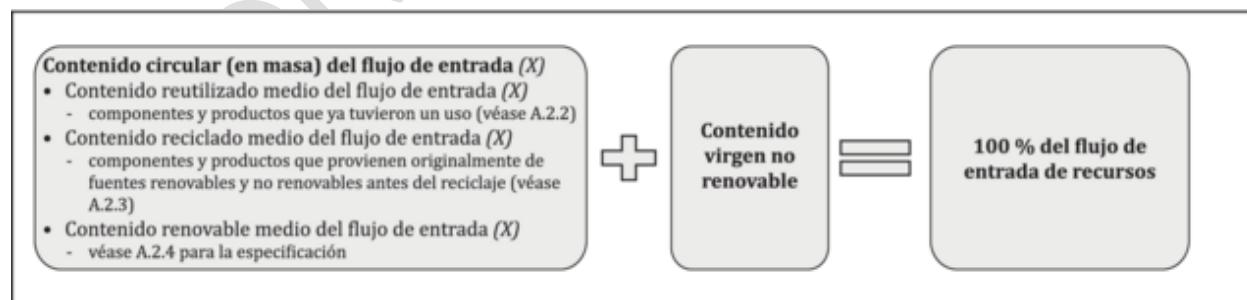
Estos cuatro tipos de contenido están previstos para ser mutuamente excluyentes y sumar el 100 % del flujo de entrada de recursos (véase Figura A.1). Los tres primeros tipos (contenido renovable reciclado, reusado y virgen) se consideran circulares; mientras que el cuarto tipo (contenido no renovable virgen) es la porción restante que

proviene de una fuente no circular. El flujo de entrada no circular (lineal) se puede calcular restando los flujos de entrada circulares del 100 %. Tenga en cuenta que para que un material se describa como material renovable debe cumplir con las condiciones específicas descritas en el apartado A.2.4.

- NOTA 1: El contenido reciclado y el contenido reusado pueden derivarse de recursos renovables o no renovables. Por ejemplo, el papel reciclado puede derivarse de materiales renovables, y el plástico reciclado puede derivarse de materiales no renovables.
- NOTA 2: La designación de exactamente qué califica como contenido renovable puede ser compleja. Para usar esta norma, la comprensión detallada del término contenido renovable se especifica en A.2.4.
- NOTA 3: Los indicadores de circularidad del flujo de entrada de recursos solo tienen en cuenta la fuente del recurso, y no capturan si el recurso es recuperable en el fin de vida. La recuperabilidad potencial de los recursos en el final de vida se considera en los indicadores de los flujos de salida (véase Capítulo A.3), y no cuando se miden los indicadores de flujo de entrada.
- NOTA 4: Es importante considerar el indicador de flujo de entrada circular con el indicador de flujo de salida circular, de modo que el aumento del contenido circular no comprometa la capacidad de recuperar o reciclar el componente del producto al final de un uso.

En los casos en los que el indicador de circularidad del flujo de entrada de recursos no sea relevante, se puede contar con un valor de cero. Si la organización es responsable de recuperar materiales para convertirlos en materiales reciclados o reusados, la organización puede medir y reportar el material recuperado. Sin embargo, el material recuperado no cuenta como contenido reciclado o contenido reusado a menos que cumpla con los requisitos y orientaciones especificados en A.2.2 y A.2.3.

Figura A.1 — Fórmula de flujos de entrada de recursos del 100 %



La designación de un flujo de entrada o una fracción de este como uno de los tipos de contenido circular debería documentarse con evidencia que demuestre que el nivel de contenido de circularidad no está sobrevalorado. Si existe ambigüedad o incertidumbre sobre qué tipo de contenido es aplicable, el usuario debería decidir basándose en la información disponible y documentar el fundamento.

Los diferentes tipos de flujos de entrada de recursos, o aquellos que tienen diferentes características de circularidad (por ejemplo, tienen diferentes cantidades de contenido reciclado), deberían medirse y registrarse por separado. En la Figura A.1, la “X” en el flujo de entrada (X) representa un flujo de entrada de recursos específico.

El cálculo de los indicadores de circularidad para cada flujo de entrada puede realizarse e informarse individualmente o puede agregarse, en función del objetivo de la medición y evaluación de la circularidad y permitiendo el contenido atribuido a partir de un modelo de cadena de custodia de balance de masa como se define en la Norma ISO 22095. Mantener separados los cálculos para cada flujo de entrada de recursos (X) permite realizar un seguimiento de características como el porcentaje de contenido reusado a través de las etapas de uso y procesamiento dentro del sistema en foco. También proporciona flexibilidad al aplicar métodos complementarios para la evaluación de la circularidad.

Se deberían incluir todos los flujos de entrada de recursos que tengan un impacto significativo en el desempeño circular, según lo definido por el objetivo y el alcance.

A.2.2 Contenido reusado promedio del flujo de entrada (X)

El indicador de circularidad “contenido reusado promedio del flujo de entrada (X)” representa la fracción promedio de un recurso material de entrada (X) que es reusado. Un flujo de entrada de recursos es reusado si ya ha cumplido un uso. Puede incluir materiales y piezas, pero no incluye materiales que hayan sido procesados mediante una operación de reciclaje.

Cuando se remanufactura un producto que ha llegado al final de su vida útil, las piezas y materiales reusados sí califican como contenido reusado en el proceso de remanufactura. En este caso, el producto se remanufactura, normalmente utilizando algunos materiales y piezas nuevos, para producir un producto "nuevo" que cumpla con todas las expectativas de rendimiento y durabilidad de un producto nuevo. El flujo de materiales y piezas del producto antiguo que no se reutilizan en el proceso de remanufactura debería rastrearse y medirse dentro del sistema en foco. Si se reutilizan en otros procesos de fabricación, se consideran contenido reusado para esos procesos, o, si se transfieren fuera del sistema en foco, deberían abordarse como un flujo de salida de recursos.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.1):

$$\%_{\text{REUI}(X)} = \left(\frac{m_{\text{REUI}(X)}}{m_{\text{TI}(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.1})$$

donde

- $\%_{\text{REUI}(X)}$ Es el contenido reusado promedio del flujo de entrada (X), en %;
- $m_{\text{REUI}(X)}$ Es la masa de componentes y productos reusados de un flujo de entrada (X), en kg u otras unidades de masa;
- $m_{\text{TI}(X)}$ Es la masa del material de entrada total de un flujo de entrada (X), en kg u otras unidades de masa.

A.2.3 Contenido reciclado promedio del flujo de entrada (X)

El indicador de circularidad “contenido reciclado promedio del flujo de entrada (X)” representa la fracción de los recursos de entrada que se confirma como material reciclado. Un material califica como contenido reciclado si cumple con la especificación de contenido reciclado de la Norma ISO 14021. Esto incluye material de preconsumo y posconsumo. Excluye específicamente la reutilización de materiales dentro de un proceso industrial como retrabajo, retriturado o chatarra generados en un proceso y que pueden ser retornados dentro del mismo proceso que los generó. Además, del método de promedio físico o de asignación proporcional, también se puede utilizar el modelo de cadena de custodia de balance de masa, como se identifica en la Norma ISO 22095 (véase A.2.1).

Cuando estén disponibles, se deberían utilizar las normas horizontales o sectoriales existentes para calcular el contenido reciclado. Por ejemplo, para los productos relacionados con la energía, se debería aplicar la Norma EN 45557.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.2):

$$\%_{\text{RECI}(X)} = \left(\frac{m_{\text{RECI}(X)}}{m_{\text{TI}(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.2})$$

donde

- $\%_{\text{RECI}(X)}$ es el contenido reciclado promedio del flujo de entrada (X), en %;
- $m_{\text{RECI}(X)}$ es la masa de material reciclado del flujo de entrada (X), en kg u otras unidades de masa;

$m_{TI(X)}$ es la masa del material de entrada total del flujo de entrada (X), en kg u otras unidades de masa

Si un recurso que fluye a través del límite del sistema hacia el sistema en foco contiene una porción de material reciclado, la porción se puede usar directamente como el valor del indicador de circularidad calculado para el recurso. Alternativamente, la masa de material reciclado se puede calcular y agregar posteriormente con otros recursos similares para calcular el contenido reciclado de todos los recursos similares.

Cuando sea posible, se pueden desagregar las fracciones de contenido preconsumo y posconsumo.

A.2.4 Contenido renovable promedio del flujo de entrada (X)

El indicador de circularidad “contenido renovable promedio del flujo de entrada (X)” representa la fracción del flujo de entrada de recursos (X) que cumple las condiciones especificadas para materiales renovables a continuación. A efectos del cálculo de este indicador, el material renovable es biomasa virgen que:

- Se repone a un ritmo igual o superior al ritmo al que se extrae;
- Se obtiene o gestiona de manera compatible con el desarrollo sostenible; y
- Se produce con prácticas regenerativas, que como mínimo se cultiva o gestiona de forma sostenible, de modo que los servicios proporcionados por estos recursos y otros recursos vinculados permanezcan disponibles para las generaciones futuras.

La producción regenerativa utiliza prácticas que apoyan la biodiversidad y la provisión continua de servicios ecosistémicos, especialmente la fertilidad del suelo, la purificación y regulación del agua y el secuestro de carbono.

La información relevante sobre los criterios o el método de verificación que se utilizó para evaluar el abastecimiento regenerativo o sostenible debería divulgarse, por ejemplo, documentando normas o métodos que garanticen que la biomasa se obtiene de manera responsable de tierras gestionadas de manera sostenible.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.3):

$$P_{\text{RENI}(X)} = \left(\frac{m_{\text{RENI}(X)}}{m_{\text{TI}(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.3})$$

donde

$P_{\text{RENI}(X)}$ Es el contenido renovable promedio del flujo de entrada (X), en %;

$m_{\text{RENI}(X)}$ Es la masa de material renovable del flujo de entrada (X), en kg u otras unidades de masa;

$m_{\text{TI}(X)}$ Es la masa del material total de entrada del flujo de entrada (X), en kg u otras unidades de masa.

A.3 Flujos de salida de recursos

A.3.1 Introducción a los indicadores de circularidad de los flujos de salida de recursos

Los indicadores de circularidad de los flujos de salida de recursos representan el desempeño circular de los recursos que fluyen fuera de los límites del sistema en foco. Todos los flujos de salida de recursos, incluidos los materiales secundarios producidos (véase la Norma ISO 59014), excepto el agua y la energía (que se abordan en categorías separadas), deberían contabilizarse en esta categoría. Esto incluye las salidas que representan recursos no recuperables (por ejemplo, residuos peligrosos, para los cuales se requiere un tratamiento o disposición específicos, sin posibilidad de recuperación) y las emisiones y vertidos, y otras salidas de recursos que tienen un impacto significativo en el desempeño circular (según lo definido por el objetivo y alcance).

Los tres indicadores base de circularidad están previstos para representar flujos de salida que son mutuamente excluyentes y representan los flujos de salida circulares:

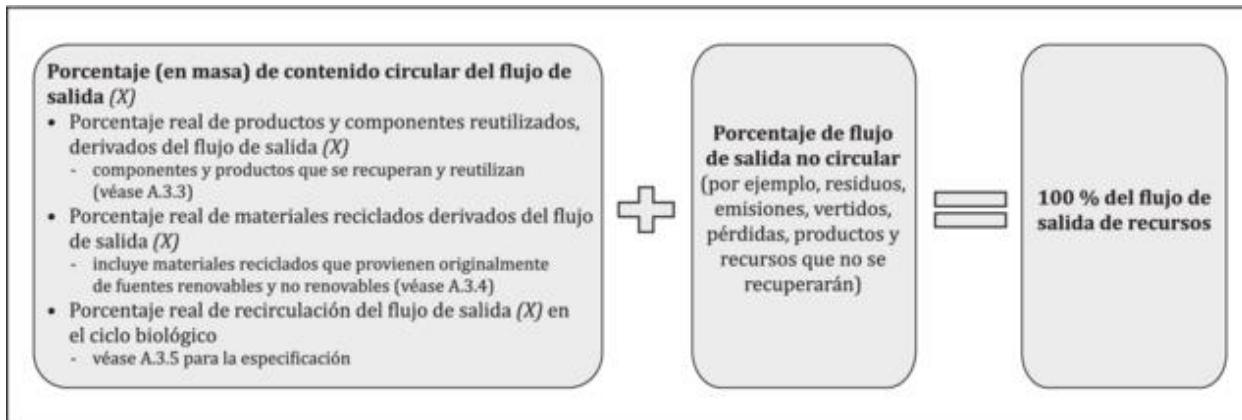
- Componentes y productos que son reusados (véase A.3.3);
- Porcentaje de material reciclado derivado de los flujos de salida (véase A.3.4), y
- Productos y materiales para la recirculación renovable (véase A.3.5).

Los flujos de salida restantes se consideran lineales y no cuentan para la circularidad. El flujo de salida lineal (no circular) se puede calcular restando los flujos de salida circulares del 100 %.

La suma de los flujos de salida circulares y los flujos de salida no circulares restantes representan el 100 % de los flujos de salida de recursos del sistema en foco, véase la Figura A.2. Se deben calcular y documentar los indicadores de circularidad de los flujos

de salida de recursos especificados en A.3.3, A.3.4 y A.3.5. En los casos en los que el indicador de circularidad no sea relevante, se podrá contar con un valor de cero. Los indicadores de circularidad para cada flujo de salida se pueden calcular y reportar individualmente o se pueden agregar, según el objetivo y el alcance.

Figura A.2 — Fórmula de flujos de salida de recursos del 100 %



Mantener cálculos separados para cada flujo de salida de recursos (X) proporciona más flexibilidad al realizar una evaluación de circularidad, incluido el uso de métodos complementarios como parte de esa evaluación de circularidad.

Los flujos de salida del sistema en foco que se consideran no circulares (residuos, emisiones y vertidos, pérdidas, productos no recuperables) deberían asignarse a flujos de salida de recursos para fines de la medición y evaluación de la circularidad (véase el Anexo E para consideraciones y orientación adicionales sobre los flujos de salida no circulares). Todos los flujos de salida no circulares significativos se deberían identificar y calcular por separado, incluyendo los residuos sólidos, las emisiones y vertidos, las pérdidas y los productos no recuperables. Si se sabe que alguno de estos flujos de salida de recursos se recicla, reusa o somete a recirculación renovable, entonces se deben calcular los indicadores base de circularidad aplicables descritos en A.3.3, A.3.4 y A.3.5. De lo contrario, estos flujos de salidas se consideran lineales (registrados como 0 %), ya que son flujos de salida no circulares en lo que incurre el sistema en foco.

El indicador de circularidad A.3.2 sobre la vida útil promedio del producto es aplicable solo a ciertos tipos de sistemas en foco (por ejemplo, fabricación de productos) y no es obligatorio calcularlo. Puede medirse y calcularse con un límite temporal diferente (es decir, el fin de vida útil del producto) que otros indicadores de circularidad de flujos de salida de recursos que normalmente se miden cuando el recurso abandona los límites del sistema.

A.3.2 Vida útil promedio de un producto o material respecto al promedio de la industria

El indicador de circularidad “vida útil promedio de un producto o material respecto al promedio de la industria” identifica el grado en que un flujo de salida de recursos (por ejemplo, un producto o material) puede retener su valor a lo largo del tiempo en comparación con el promedio de la industria para ese recurso cuando está disponible. Esto se puede utilizar para representar la desaceleración de un flujo de recursos. Este indicador circular puede ser particularmente relevante cuando el sistema en foco produce productos o materiales que luego se proporcionan a un usuario para cumplir una función.

Para calcular este indicador de circularidad, la vida útil (funcional) esperada de un producto o material está representada por su durabilidad. La durabilidad se determina mediante un método de evaluación técnica que toma en consideración la fiabilidad del producto o material y las posibilidades de extender la vida útil mediante la realización de mantenimiento, reparación, actualizaciones y restauración (según corresponda para el producto) durante toda su vida útil esperada.

La evaluación de la durabilidad tiene en cuenta todos los pasos apropiados para mantener el producto o material en un estado en el que funcione según lo previsto (para el usuario inicial y para el reúso del producto).

Todos los flujos de entrada de recursos necesarios para el mantenimiento, la reparación y las actualizaciones para lograr la durabilidad especificada se deben medir o estimar y se deben contabilizar en la medición y evaluación de la circularidad. También se deberían considerar la energía y el agua. El uso de energía para el mantenimiento, reparación, etc. se aplicaría a los indicadores de energía, y no a los indicadores de flujos de entrada y flujos de salida de recursos.

La metodología para calcular la vida útil de un producto varía según el tipo de producto. Hoy día, la vida útil promedio de la industria de los productos en el sector generalmente no está disponible, pero hay varios ejemplos de prácticas en las que se ha recopilado y puesto a disposición dicha información, que puede usarse para el cálculo, incluidos:

- Normas sectoriales, incluidas normas y códigos nacionales, que abordan el desempeño o la calidad de los productos (por ejemplo, productos de construcción y desempeño de los edificios);
- Directivas o acuerdos formales relacionados con garantías comerciales al consumidor (por ejemplo, las directivas de la ue para empoderar a los consumidores para la transición ecológica, mediante una mejor protección contra prácticas desleales y para una mejor información);
- Etiquetado ambiental verificable por una tercera parte (por ejemplo, declaraciones ambientales de producto (dap) según la norma iso 14025);
- Bases de datos de vida útil del producto disponibles pública o comercialmente;
- Normas internacionales sobre la planificación de la vida útil (por ejemplo, la serie de normas iso 15686, especialmente la norma iso 15686-8).

Las oportunidades y los pasos para extender la vida útil de un producto pueden ser complejos y estar interrelacionados. Por lo tanto, es importante adoptar un enfoque holístico y considerar intercambios, utilizando métodos o directrices complementarios apropiados que sean relevantes para el tipo de producto, al momento de evaluar la durabilidad. Por ejemplo, se deberían considerar intercambios al evaluar la fiabilidad versus la reparabilidad y otros factores de extensión de la vida útil.

Para los productos relacionados con la energía, las Normas EN 45552 y EN 45554 pueden ser relevantes para identificar aspectos o consideraciones que ayuden a los sectores a especificar una metodología para calcular la vida útil promedio respecto al promedio de la industria.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.4):

$$R_{LP(X)} = \frac{t_{LP(X)}}{t_{IALP(X)}} \quad (A.4)$$

donde

- $R_{LP(X)}$ Es la relación de vida útil de un producto o material (X), adimensional;
- $t_{LP(X)}$ Es la vida útil de un producto o material (X), por ejemplo, en años;
- $t_{IALP(X)}$ Es la vida útil promedio de la industria para un producto o material (X), por ejemplo, en años.

A.3.3 Porcentaje real de productos y componentes reusados, derivados del flujo de salida (X)

El indicador de circularidad “porcentaje real de componentes y productos reusados, derivados del flujo de salida (X)” es un cálculo de la fracción del flujo de salida (X) que se recuperó o se recuperará de manera realista del flujo de salida (en el fin de vida) para reusar en la producción, mantenimiento, o reparación de otros recursos o productos.

Cuando se utiliza una cantidad (o tasa) de reúso prevista en el cálculo de los flujos de salida (por ejemplo, para productos que primero cumplirán una vida útil y luego se considerarán para su reúso y reciclaje en su fin de vida), esto debe representar expectativas realistas de reúso, para evitar exagerar la cantidad reusada. Se deberían documentar los supuestos y la información sobre la tasa de reúso histórica que se utilizan para establecer las expectativas de reúso.

Para productos relacionados con la energía, la Norma EN 45554 puede ser relevante para calcular el porcentaje real de componentes y productos reusados derivados del flujo de salida. La Norma EN 45554 especifica los requisitos para identificar piezas prioritarias para su reúso.

Para los flujos de salidas de productos, si se ha desarrollado un escenario de tratamiento de fin de vida (como se describe en la Norma EN 45554) para la categoría de producto, este escenario se puede utilizar para determinar la tasa de reúso.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.5):

$$P_{\text{REUO}(X)} = \left(\frac{m_{\text{REUO}(X)}}{m_{\text{TO}(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.5})$$

donde

$P_{\text{REUO}(X)}$ Son los productos y componentes reusados reales derivados del flujo de salida (X), en %;

$m_{\text{REUO}(X)}$ Es la masa del flujo de salida (X) que es reusado, en kg u otra unidad de masa;

$m_{\text{TO}(X)}$ Es la masa total del flujo de salida (X), en kg u otra unidad de masa.

A.3.4 Porcentaje real de materiales reciclados derivados del flujo de salida (X)

El indicador de circularidad “porcentaje real de materiales reciclados derivados del flujo de salida (X)” representa el nivel efectivo de recuperación de materiales de los flujos de salida de recursos, obtenido mediante una combinación de recolección y reciclaje.

Es un cálculo de la fracción promedio de material reciclado que se deriva del flujo de salida de recursos una vez completado el proceso de reciclaje. Si el reciclaje se llevará a cabo en el futuro, la cantidad de material reciclado puede pronosticarse, basándose en datos actuales o en el promedio de la industria actual para productos similares en las regiones aplicables. Los datos deberían ser orientativos y no deberían exagerar el material reciclado derivado que se conseguirá del flujo de salida (X).

La intención de este indicador de circularidad es proporcionar una medida cuantitativa y verificable de la cantidad de material que se ha obtenido, tras un proceso de recolección o recuperación, a partir de un proceso de reciclaje y que puede ser utilizado en nuevos productos. Representa la cantidad real de material que pasa de un ciclo de uso a otro.

Este indicador de circularidad puede dar cabida tanto a materiales renovables como a no renovables.

La cantidad real de material reciclado de los productos en el sistema puede variar significativamente según la capacidad de desmantelar el producto, la infraestructura y las tecnologías de reciclaje disponibles, y la idoneidad de las piezas y materiales del producto para reciclarlos en materiales de alta calidad. El cálculo del material reciclado real derivado puede ser complejo, y puede beneficiarse de la referencia a un escenario específico de tratamiento de fin de vida de una categoría de producto. La recuperación y

el reciclaje de productos pueden implicar múltiples pasos, realizados por varias organizaciones. Estos actores de la cadena de valor pueden tener interés en comprender el material reciclado real derivado del flujo enviado, a lo largo del proceso de reciclaje completo. La recopilación de estos datos puede requerir que los usuarios desarrollen relaciones con otros actores de la cadena de valor que sean responsables de reciclar el material para convertirlo en material nuevo.

Siempre que sea posible, se deberían utilizar datos reales del material reciclado derivado de productos en su fin de vida. Si no se dispone de datos específicos del producto, se pueden utilizar datos promedio de la industria para la categoría de producto, según el escenario de tratamiento del fin de vida y la región. Se debería utilizar un enfoque conservador al seleccionar los datos, para garantizar que no se sobrevalore la tasa de reciclabilidad. Se deberían documentar los supuestos y la información sobre el reciclaje histórico que se utilizan para establecer las expectativas de reciclaje.

Si no se dispone de datos trazables de reciclabilidad para un flujo de salida de recursos específico, se debería registrar como el 0 %.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.6):

$$P_{\text{RECO}(X)} = \left(\frac{m_{\text{RECO}(X)}}{m_{\text{TO}(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.6})$$

donde

$P_{\text{RECO}(X)}$ Es el porcentaje real de material reciclado derivado del flujo de salida (X), en %;

$m_{\text{RECO}(X)}$ Es la masa de material reciclado derivada del flujo de salida (X), en kg u otra unidad de masa;

$m_{\text{TO}(X)}$ Es la masa total del flujo de salida (X), en kg u otra unidad de masa.

A.3.5 Porcentaje real de recirculación del flujo de salida en el ciclo biológico

El indicador de circularidad “porcentaje real de recirculación del flujo de salida (X) en el ciclo biológico” representa la fracción del flujo de salida (X) que se recircula en el fin de vida, para regresar de forma segura a la biosfera (biodegradación), y que cumple con las condiciones de calificación para la recirculación (por ejemplo, compostaje o digestión anaeróbica). Los retornos a la biosfera pueden describirse como un material o sustancia completamente biodegradada que los microorganismos pueden descomponer y que se degrada en moléculas orgánicas que los sistemas vivos pueden utilizar en el futuro (por ejemplo, mediante compostaje y digestión anaeróbica).

Las organizaciones también pueden consultar las normas de ensayo existentes sobre biodegradabilidad y compostabilidad, como las Normas ISO 15270, ISO 17088 o ASTM D6400. Al considerar el flujo circular de recursos, se debería dar preferencia al material biológico compostable, ya sea en entornos industriales o domésticos, pues el material tendrá una mayor probabilidad de contribuir a la regeneración de los ecosistemas.

Además, se recomienda hacer referencia a las acciones de gestión de recursos al considerar un uso adicional de los flujos de salida (por ejemplo, el reúso, la reutilización, el reciclaje o la distribución en cascada del material pueden ser preferibles a la biodegradación siempre que mantenga el mayor valor del flujo de salida del recurso). Como se describe a continuación, otros posibles usos de los flujos de salida pueden impedir que el material califique como recirculación renovable.

La condición principal para la recirculación renovable es que el material y los productos del proceso no sean perjudiciales para el agua, el suelo o la biodiversidad de los ecosistemas en los que se introducen.

Las condiciones de calificación para los métodos de recirculación renovables son:

- El material procede de una fuente biológica o puede ser descompuesto a nivel molecular por microorganismos, o cumple los criterios de biodegradación establecidos por las directrices y normas internacionales.
- Una sustancia o material sólo puede devolverse a la biosfera en conformidad con las regulaciones y si se han tomado todas las precauciones para evitar efectos negativos en el medio ambiente. Dependiendo del contexto, son apropiados análisis químicos previos y una evaluación de riesgos ambientales.

La recirculación renovable excluye los vertimientos a la tierra, el agua o el aire que amenazan el medio ambiente o la salud humana.

Ejemplos de recirculación son:

- Nuevos productos alimenticios: utilizar subproductos como ingredientes para productos alimenticios para el consumo humano (por ejemplo, cerveza elaborada con excedentes de pan).

- Insumos para la agricultura: los ejemplos incluyen fertilizantes orgánicos y alimentos para animales y para peces.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.7):

$$P_{RENO(X)} = \left(\frac{m_{RENO(X)}}{m_{TO(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.7})$$

donde

$P_{RENO(X)}$ Es el porcentaje real de recirculación del flujo de salida (X) en el ciclo biológico, en %;

$m_{RENO(X)}$ Es la masa del flujo de salida (X) que es recirculación renovable, en kg u otra unidad de masa;

$m_{TO(X)}$ Es la masa total del flujo de salida (X), en kg u otra unidad de masa.

A.4 Energía

A.4.1 Introducción a los indicadores de circularidad energética

Los indicadores de circularidad energética representan la fracción de la energía utilizada por el sistema en foco que es energía renovable. La energía recuperada (por ejemplo, del agua caliente) de otra organización y la energía derivada de coproductos también pueden ser relevantes para su consideración, y se capturan en un indicador de circularidad del Anexo B (por ejemplo, véase B.4.2).

Las energías relevantes para un proceso o sistema dados se pueden subdividir en:

- Energías derivadas de recursos energéticos renovables;
- Energías derivadas de recursos vírgenes no renovables (por ejemplo, combustibles fósiles) o materiales renovables que no cumplen los requisitos de a.2.4;
- Energías derivadas de fuentes residuales no renovables.

A.4.2 Porcentaje promedio de energía consumida que es energía renovable

El “porcentaje promedio de energía consumida que es energía renovable” representa la fracción de energía consumida que califica como energía renovable. El indicador de circularidad toma en consideración tanto los flujos de entrada como flujos de salida de energía, para calcular la fracción de la energía total neta consumida que es energía renovable. Incluye todos los insumos de energía utilizados del sistema en foco (por ejemplo, para fabricar un producto o para alimentar una ciudad), incluida la energía consumida para subproductos o para la gestión de recursos.

Puede ser necesario reconocer los insumos no renovables para contabilizar la captura, transmisión y conversión de la energía de una fuente renovable en electricidad. Estas entradas a las fuentes de energía renovable deberían monitorearse y documentarse para medir y evaluar la circularidad.

Se debe seleccionar una unidad de medida común adecuada (por ejemplo, MJ, kWh) para cuantificar todas las energías relevantes (por ejemplo, térmica, eléctrica) que están involucradas en la medición.

El flujo de salida de energía renovable aborda, por ejemplo, procesos (por ejemplo, servicios públicos) en los que la producción de energía in situ suministra energía a una red o sistema externos, lo que muestra un flujo de salida de energía renovable.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.8):

$$P_{ECONRE(X)} = \left[\frac{(E_{IRENE(X)} - E_{ORENE(X)})}{E_{ITE(X)} - E_{OTE(X)}} \right] \cdot 100 \quad (\text{A.8})$$

donde

$P_{ECONRE(X)}$ Es la energía promedio (X) consumida que es energía renovable, en %;

$E_{IRENE(X)}$ Es el flujo de entrada de energía renovable (X), en MJ (o en kWh);

$E_{ORENE(X)}$ Es el flujo de salida de energía renovable (X), en MJ (o en kWh);

$E_{ITE(X)}$ Es el flujo de entrada total de energía (X), en MJ (o en kWh);

$E_{OTE(X)}$ Es el flujo de salida total de energía (X), en MJ (o en kWh).

A.5 Indicadores de circularidad del agua

A.5.1 Introducción a los indicadores de circularidad del agua

El agua es un recurso importante y un foco de la economía circular. Los indicadores de circularidad del agua consideran los flujos de entrada y flujos de salida de agua, el reuso interno del agua y la calidad del agua.

La circularidad del agua se considera de naturaleza local y como importante para los ecosistemas locales, que dependen de cantidades y calidades suficientes de agua para prosperar. Esto determina la disponibilidad y calidad del agua para todos los usuarios del agua en el área. Se requieren varias acciones clave para mantener la circularidad del agua, entre ellas:

- a) reducción de agua: minimizar el consumo de agua y gestionar el desperdicio de agua,

- b) reúso del agua: aplica al agua que no requiere tratamiento o reacondicionamiento adicional para uso repetido dentro de una instalación,
- c) reciclaje de agua in situ: cuando se necesita tratamiento y restauración adicional dentro de los procesos de la instalación y/o en la propiedad para su uso o vertimiento posterior,
- d) reciclaje de agua fuera del sitio: cuando se realice tratamiento y restauración adicional fuera del sitio para un uso beneficioso, como alternativa al vertimiento como efluente industrial.

La designación de un flujo de entrada de agua o de una fracción de este, proveniente de fuentes circulares, se debería documentar con evidencia, para demostrar que el nivel de contenido de circularidad no está sobrevalorado. Si existe ambigüedad o incertidumbre sobre qué tipo de contenido es aplicable, el usuario debería decidir basándose en la información disponible y documentar el fundamento. Diferentes tipos de fuentes de flujos de entrada circulares deberían medirse y registrarse por separado (véase la Figura A.3).

La información recopilada para apoyar la evaluación de la huella de agua de acuerdo con la Norma ISO 14046 puede ser útil para evaluar la circularidad del agua y para calcular los indicadores de circularidad del agua.

Figura A.3 — Flujos de entrada de agua de fuentes circulares y flujos de salida de agua circular



A.5.2 Porcentaje de agua tomada de fuentes circulares de flujos de entrada

Este indicador expresa el porcentaje de la demanda anual de agua que se deriva de fuentes circulares. Una fuente de agua circular proporciona la recirculación de los recursos hídricos dentro de un proceso o ciclo hidrológico. Las fuentes de entrada circulares cumplen todos los criterios siguientes:

- a) Uso previo o renovabilidad natural: agua de una fuente no virgen, incluida agua reusada o reciclada de un tercero; agua de una fuente de agua dulce renovable, como agua superficial, subterránea y de lluvia recolectada, que se renueva por precipitación y el ciclo natural del agua; fuentes naturales no dulces, como agua de mar o salobre, y agua contenida en materias primas o extraída de un producto. Una vez utilizada en la instalación, el agua circular finalmente regresa a la cuenca local, después del tratamiento requerido.
- b) Un plan de gestión del agua implementado para minimizar los impactos en el medio ambiente local.

Los cálculos significativos requieren una determinación adecuada de los límites del sistema en foco y de los flujos de entrada y flujos de salida del sistema en foco. La Norma ISO 14046 contiene directrices sobre cómo evaluar la huella de agua.

Muchos factores relacionados con el uso sostenible del agua no se tienen en cuenta en este documento, pero también puede ser necesario evaluarlos: la toma de agua puede tener un impacto en la escasez de agua, que depende del lugar y el momento en que se extrae el agua. El cambio climático también puede afectar los niveles de agua y las tasas de reposición. Dependiendo de las condiciones locales, incluida la calidad del agua y el estrés hídrico, puede ser necesario evaluar compensaciones para priorizar la huella de agua o las emisiones de CO₂.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.9):

$$P_{CWW} = \left(\frac{V_{CIW}}{V_{AIW}} \right) \cdot 100 \quad (A.9)$$

donde

P_{CWW} Es la toma promedio de agua de fuentes circulares, en %;

V_{CIW} Es el volumen del flujo de entrada de agua de fuentes circulares, en m³/año;

V_{AIW} Es el volumen del flujo de entrada de agua de todas las fuentes, en m³/año.

A.5.3 Porcentaje de agua vertida de acuerdo con los requisitos de calidad

Es el porcentaje en volumen, durante un período de tiempo dado, de agua consumida en procesos y operaciones que sale de la infraestructura para ser reusada por otra organización o que se devuelve a la fuente de agua con el mismo o mejor nivel de calidad que como se extrae, con base en la consideración de las autoridades ambientales, quienes fijan los límites de los permisos ambientales. Los parámetros comunes de calidad del agua incluyen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el pH y la temperatura. A título informativo, la Norma ISO 22447 detalla los parámetros mínimos de calidad del agua para el vertido de aguas residuales, mientras que la Norma ISO 14046 contiene directrices generales de calidad del agua que son apropiadas para permitir la evaluación de la capacidad de un ecosistema para prosperar.

Las pérdidas, emisiones y descargas, tales como efluentes, derrames o evaporación, que no regresan a la fuente de agua local se tratan como flujos de salida no circulares. Las pérdidas, emisiones y descargas, más el agua incorporada en los productos (que no regresa al origen con una alta calidad del agua), más el agua vertida de acuerdo con los principios de la economía circular, deberían igualar la cantidad total de agua obtenida.

Los vertidos de agua circulares son vertidos de agua que son consistentes con su disponibilidad para todos los fines ambientales, sociales, agrícolas o industriales, incluido el suministro a otras organizaciones. Deberían tener características apropiadas de calidad del agua (incluidos todos los parámetros y la temperatura relevantes del efluente).

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.10):

$$P_{CDW} = \left(\frac{V_{CDW}}{V_{AIW}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.10})$$

donde

P_{CDW} Es el promedio de descargas de agua circulares, en %;

V_{CDW} Es el volumen de vertidos circulares de agua, en $\text{m}^3/\text{año}$;

V_{AIW} Es el volumen del flujo de entrada de agua de todas las fuentes, en $\text{m}^3/\text{año}$.

A.5.4 Relación (*in situ* o interna) de reúso o recirculación de agua

El indicador de “relación (*in situ* o interna) de reúso o recirculación de agua” mide la circularidad del agua en una instalación durante el período del informe. Compara el uso total de agua de todos los procesos y operaciones dentro de la instalación, con la cantidad de agua obtenida de todas las fuentes. La relación entre la cantidad de agua en circulación *in situ* y la cantidad de agua total obtenida excederá 1,0 cuando el agua es reusada o recircula dentro de la instalación, ya que la cantidad de agua requerida por la instalación supera la cantidad de agua obtenida.

EJEMPLO

El agua condensada en las torres de enfriamiento es reusada constantemente para enfriar, en lugar de verterse, y el agua adicional obtenida de una fuente solo se usa para compensar pérdidas, emisiones y vertidos.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.11):

$$R_{WRR} = \frac{V_{TWU}}{V_{TWW}} \quad (\text{A.11})$$

donde

- R_{WRR} Es la relación (*in situ* o interna) de reúso o recirculación del agua; es adimensional y representa la cantidad de agua reciclada o reusada dentro de la instalación después de haber sido contenida y tratada adecuadamente para su reúso, según sea necesario;
- V_{TWU} Es el agua total consumida en todos los procesos y operaciones dentro de la instalación, en m^3 por año; normalmente, el agua usada en un proceso u operación es la cantidad de agua que ingresa al proceso;
- V_{TWW} Es el agua total obtenida de todas las fuentes externas, en m^3 por año; una fuente externa es aquella que proviene de un suministro local y que no es proporcionada por procesos u operaciones internas.

A.6 Económico

A.6.1 Introducción a los indicadores económicos de circularidad

La aplicación de indicadores de circularidad relacionados con la economía es de gran importancia para que una organización proporcione transparencia y demuestre que las estrategias y acciones circulares son económicamente viables. La medición y evaluación de la viabilidad económica puede basarse en la forma en que se puede crear y capturar el valor económico y en cómo la realización de acciones relacionadas afecta dicho valor.

Hay menos indicadores de circularidad específicos y bien calificados para la economía circular (a diferencia de las extensiones de la economía lineal) disponibles. La mayoría de las organizaciones utilizan indicadores simples y establecidos de economía lineal para medir ganancias, costos, valor, ingresos, viabilidad económica, etc. Las organizaciones, particularmente al nivel de sistema de producto, pueden usar un enfoque de LCC, que asigna costos a cada una de las operaciones, procesos y etapas del ciclo de vida constituyentes de un sistema definido. Las organizaciones pueden considerar tanto los costos como los beneficios, incluidos los siguientes:

- Costos: por ejemplo, costo de transformación para la innovación; infraestructura relacionada con la fabricación y la distribución; recursos humanos; creación de conciencia; desarrollo de capacidades para procesos y colaboración; inversiones inducidas por estrategias para ampliar las medidas y enfoques circulares, la calidad adicional relacionada con la vida útil del producto y los costos de materiales.
- Beneficios: por ejemplo, beneficios económicos esperados u obtenidos de las estrategias circulares; aumento de la facturación (aumentar la escala de medidas y enfoques circulares); ganancias por unidad o en general; retorno de la inversión; eficiencia de recursos; extensiones de la vida útil del producto; cambios en el costo total de la propiedad del producto (vida útil); participación de mercado (al abordar las necesidades específicas y cambiantes de los clientes); incentivos y reducciones de impuestos.

NOTA: En la Norma ISO 14007 se describe cómo se pueden calcular los costos y beneficios. Este documento solo describe los indicadores de circularidad que se han desarrollado específicamente para la medición del valor económico, los costos y los beneficios directamente asociados con la circularidad, o que son útiles para hacerla. Otras medidas derivadas de la economía lineal que pueden usarse para indicar una mayor circularidad económica se describen en el Anexo B e incluyen el valor agregado neto, el valor por masa, la productividad de los recursos y el indicador de progreso genuino.

Algunos indicadores del Capítulo A.6 (y del Capítulo B.6) pueden incluir unidades monetarias en su cálculo. Al hacer comparaciones se debería considerar el impacto de la inflación y otros factores de valuación de la moneda.

A.6.2 Productividad material

El indicador de “productividad material” (MP, por sus siglas en inglés) (a veces descrito como “productividad material circular”, CMP, por sus siglas en inglés) es la relación entre los ingresos de una organización (o un producto) y los flujos de entrada totales de recursos lineales (no circulares). El indicador de MP muestra la relación entre los ingresos y la intensidad de recursos, e indica la efectividad de la empresa para generar ingresos al tiempo que disminuye el consumo lineal de recursos. Un aumento en este indicador demuestra un crecimiento financiero al tiempo que reduce la dependencia de los recursos (lineales).

Las organizaciones pueden calcular la productividad circular (material) dividiendo los ingresos generados por la masa del flujo de entrada lineal. El indicador se puede hacer más específico considerando diferentes tipos de recursos (plástico, metal, cerámica, etc.). El resultado produce un valor que las empresas pueden monitorear a lo largo del tiempo.

Se debería considerar cuidadosamente la distinción entre flujos de entrada lineales y circulares. El apartado A.2.1 describe lo que se considera lineal entre los flujos de entrada de recursos en el cálculo de los indicadores de circularidad los flujos de entrada de recursos, que debería aplicarse de manera consistente en el cálculo de la productividad circular (material).

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula A.12:

$$R_{MP} = \frac{C}{D} \quad (\text{A.12})$$

donde

- R_{MP} Es la relación de MP, en unidades monetarias por kg (por ejemplo, \$/kg, €/kg);
- C Es el ingreso total generado, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- D Es la masa total de todos los flujos de entrada de recursos lineales, en kg u otra unidad de masa.

A.6.3 Índice de intensidad de recursos

El indicador del “índice de intensidad de recursos” (RII, por sus siglas en inglés) (también conocido como “índice de desacoplamiento”) es un indicador bien utilizado y de uso demostrado para niveles de sistema superiores. Es la relación entre la tasa de cambio del consumo de recursos y la tasa de cambio del producto interno bruto (PIB) durante un período de tiempo. Proporciona una medida cuantitativa del crecimiento económico versus el uso total de recursos. Si bien se utiliza principalmente en el nivel de sistema regional, se puede utilizar para productos u organizaciones tras una modificación adecuada, utilizando, por ejemplo, los ingresos generados. Una organización que aplica este indicador puede necesitar considerar las contribuciones externas al sistema en foco, como la fuente de las materias primas y otros elementos de la cadena de valor.

NOTA: Como alternativa, para el nivel de sistema regional, se puede utilizar el consumo interno de materiales (DMC, por sus siglas en inglés) y el consumo de materias primas (RMC, por sus siglas en inglés).

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (A.13):

$$I_{\text{RII}} = \frac{(E)}{F} \quad (\text{A.13})$$

donde

I_{RII} Es el RII, expresado como una relación;

E Es la tasa de variación del consumo del flujo de entrada de recursos (masa) por unidad de tiempo; adimensional;

F Es la tasa de variación del PIB por unidad de tiempo; adimensional.

Anexo B

(Informativo)

Indicadores adicionales**B.1 Descripción general**

Los indicadores base de circularidad del Anexo A pueden complementarse con indicadores adicionales, de los cuales se proporcionan ejemplos en este anexo. Estos pueden ser indicadores de circularidad emergentes, aún no establecidos; indicadores que miden aspectos específicos de la circularidad que son importantes para el objetivo y el alcance de una medición de la circularidad (pero que no se abordan adecuadamente en los indicadores base de circularidad), o indicadores que no se centran directamente en la circularidad, pero que pueden ser útiles para calificar o cuantificar la transición desde la economía lineal.

Algunos de los indicadores de este anexo son indicativos de un aspecto de medición, y pueden requerirse especificaciones o normas de referencia adicionales para medir la información relevante y calcular el indicador.

En la Tabla B.1 se proporcionan indicadores o consideraciones adicionales para las categorías de flujos de entrada de recursos, flujos de salida de recursos, energía, agua y economía.

Tabla B.1 — Indicadores adicionales

Categoría del indicador	Indicador	Descripción
B.2 Indicadores adicionales de flujos de entrada de recursos	No hay indicadores especificados	Se proporciona orientación sobre la eficiencia de los recursos y la reducción de los flujos de entrada
B.3 Indicadores adicionales de flujos de salida de recursos	B.3.2 Porcentaje de tasa de reutilización de diseño del flujo de salida	Reusabilidad basada en el diseño
	B.3.3 Porcentaje de tasa de reciclabilidad de diseño del flujo de salida	Reciclabilidad basada en el diseño
	B.4.2 Porcentaje de energía recuperada de flujos de salida de	Porcentaje de energía recuperada de flujos de salida

Categoría del indicador	Indicador	Descripción
B.4 Indicadores adicionales de energía	recursos residuales, no renovables y no recuperables	de recursos residuales, no renovables y no recuperables
	B.4.3 Intensidad energética	La cantidad de energía utilizada para producir un nivel dado de producción o actividad.
B.5 Indicadores adicionales de agua	B.5.2 Extracción de nutrientes del agua vertida.	Extracción de nutrientes del agua antes del vertido
	B.5.3 Intensidad hídrica	La cantidad de agua usada para producir un nivel dado de producción o actividad.
B.6 Indicadores económicos adicionales	B.6.3 Valor neto añadido	Valor de un producto menos costos de factores económicos negativos
	B.6.4 Valor por masa	Valor por unidad de masa del recurso
	B.6.5 Productividad de los recursos	Tasa de PIB y de DMC o RMC
	B.6.6 Indicador de progreso genuino	Mide el PIB tras eliminar los costos de impacto negativo

También se pueden utilizar o desarrollar en el futuro indicadores que midan o evalúen otros aspectos o impactos relevantes para el desempeño circular y el sistema en foco. Los temas que se pueden considerar son:

- Consumo de recursos (por ejemplo, normas para calcular las huellas de consumo);
- Intensidad del uso de recursos (por ejemplo, indicadores de kg de entrada por kg producido);
- Los recursos, procesos y productos renovables emergentes pueden requerir indicadores o métodos de evaluación adicionales;

- Cambios en el desempeño circular a lo largo del tiempo (véase la orientación en los capítulos 6 a 8 para garantizar la coherencia y la comparación).

Estos y otros temas pueden aprovechar métodos complementarios y se describen con más detalle en el Capítulo 8 y el Anexo C.

B.2 Indicadores adicionales de flujos de entrada de recursos

B.2.1 Consideraciones para indicadores adicionales de flujos de entrada de recursos

Actualmente no hay indicadores adicionales especificados para los flujos de entrada de recursos. Se pueden considerar indicadores que midan o evalúen el consumo de recursos o la intensidad del uso de recursos.

Reducir el uso de los flujos de entrada de recursos en términos absolutos contribuye a reducir los flujos de recursos. Es particularmente importante minimizar la cantidad de extracción de recursos vírgenes y el uso de recursos no renovables. Los indicadores de circularidad del flujo de entrada de recursos que figuran desde A.2.1 hasta A.2.4 se pueden utilizar para calcular la masa total de materiales de entrada. Las organizaciones pueden utilizar estos datos para monitorear los cambios en los flujos de entrada de recursos a lo largo del tiempo, estableciendo un punto de referencia en el tiempo y recopilando datos periódicamente. Las tendencias en el uso de recursos sólo pueden monitorearse de manera confiable si los datos periódicos se calculan bajo las mismas condiciones límite que la línea de base.

B.3 Indicadores adicionales de flujos de salida de recursos

B.3.1 Introducción a indicadores adicionales de flujos de salida de recursos

Se pueden utilizar indicadores adicionales de flujos de salida de recursos para medir aspectos de diseño y otras consideraciones en la circularidad de los flujos de salida de recursos. Esto puede incluir el diseño para reusar los productos o componentes del producto una vez que abandonan el sistema en foco (es decir, reusabilidad) o el diseño para el reciclaje (es decir, reciclabilidad).

Las sustancias preocupantes en el flujo de salida de materiales pueden ser relevantes para especificar indicadores adicionales. Por ejemplo, la elección de materiales seguros es una condición necesaria para la circularidad. Cuando se ha aplicado el pensamiento sistemático en la etapa de diseño, las elecciones de materiales seguros resultantes se vuelven mensurables en el flujo de salida de materiales. Evitar cualquier sustancia preocupante es un paso importante para mejorar las características circulares de los productos, ya que esto reducirá la cantidad de residuos que se deben tratar como residuos peligrosos, en lugar de recircularse en el sistema económico al final de su uso.

Una consideración puede ser el porcentaje del flujo de salida que no contiene ninguna sustancia preocupante por encima de los umbrales pertinentes (por ejemplo, declaraciones de proveedores).

B.3.2 Porcentaje de tasa de reutilización de diseño del flujo de salida

Este indicador mide la parte del flujo de salida de recursos (por ejemplo, que pueden ser productos o componentes completos) que es reutilizable, según lo previsto por el fabricante. Un flujo de salida de recursos es reutilizable si se puede utilizar durante múltiples ciclos y si la intención del diseño se puede demostrar mediante características físicas como la calidad, la reparabilidad, la facilidad de desmantelamiento (para obtener piezas/componentes) o las estrategias circulares para mantener la funcionalidad de un producto, como la reparación y actualización de servicios o reuso de sistemas. Además, las organizaciones deberían comunicar la característica de reuso al usuario para aumentar la probabilidad de que la pieza, componente o producto se reutilice en el futuro.

Un usuario puede reusar un producto varias veces durante su vida útil prevista, pero, en el fin de uso, a menudo son necesarias organizaciones profesionales (por ejemplo, operadores especializados en la preparación para el reuso o la remanufactura) para facilitar la ampliación de la vida útil del producto mediante el reuso.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.1):

$$P_{DFRM} = \left(\frac{m_{DFRO(X)}}{m_{TO(X)}} \right) \cdot 100 \quad (B.1)$$

donde

P_{DFRM} Es el porcentaje de masa del flujo de salida diseñado para el reuso de componentes y productos, en%;

$m_{DFRO(X)}$ Es la masa de componentes o productos en el flujo de salida (X) que están diseñados para su reuso, en kg u otra unidad de masa;

$m_{TO(X)}$ Es la masa total del flujo de salida (X) en kg u otra unidad de masa.

B.3.3 Porcentaje de tasa de reciclabilidad de diseño del flujo de salida (X)

Durante la fase de diseño, es importante tener en cuenta cómo se pueden reciclar los componentes y materiales cuando el producto llegue a su fin de uso. Esto incluye la posibilidad de que los componentes y materiales del producto sean desmontados, separados en flujos de materiales y, finalmente, procesados para convertirlos en material reciclado. Cabe señalar que la reciclabilidad puede ser muy diferente del porcentaje real de materiales reciclados derivados del flujo de salida (véase A.3.4), que tiene en cuenta las tasas de recuperación reales y las operaciones de reciclaje asociadas con el producto en las geografías aplicables.

El indicador de circularidad “porcentaje de tasa de reciclabilidad de diseño del flujo de salida (X)” representa la proporción del flujo de salida de recursos que está diseñado y fabricado de manera que pueda procesarse para convertirlo en material reciclado. Se basa en el diseño para el reciclaje previsto por el fabricante. Este indicador puede proporcionar información útil para ayudar a una organización a mejorar el reciclaje de sus productos. Sin embargo, no sustituye el porcentaje real de materiales reciclados derivados del flujo de salida (véase A.3.4).

La intención del diseño puede demostrarse, por ejemplo, mediante el uso de materiales que sean totalmente reciclables con los esquemas de reciclaje existentes, la selección de menos tipos de materiales y una mayor homogeneidad del material, la capacidad de desmontar el producto o la idoneidad de las piezas y materiales del producto para ser reciclados como materiales de alta calidad y la implementación de directrices de diseño adecuadas para el reciclaje del tipo de producto. Se debería demostrar e informar que el producto y los materiales usados pueden reciclarse mediante un programa de reciclaje existente y que la fase de uso no cambia significativamente la reciclabilidad (por ejemplo, contaminación que impida el reciclaje).

Para algunos sectores o categorías de productos, se han creado estándares o normas con escenarios de tratamiento de fin de vida o reglas para calcular las tasas de reciclabilidad. Estos deberían usarse cuando estén disponibles. Para productos relacionados con la energía, la Norma EN 45555 puede ser relevante para determinar la reciclabilidad de un flujo de salida; especifica requisitos y orientaciones para desarrollar un escenario de tratamiento de fin de vida y calcular la tasa de reciclabilidad. Además, el Informe Técnico IEC/TR 62635 da directrices para la información sobre el fin de vida proporcionada por fabricantes y recicladores y para el cálculo de la tasa de reciclabilidad de equipos eléctricos y electrónicos.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.2):

$$P_{\text{DRMO}(X)} = \left(\frac{m_{\text{DRMO}(X)}}{m_{\text{TO}(X)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{B.2})$$

donde

$P_{\text{DRMO}(X)}$ Es el porcentaje de masa que está diseñado para reciclarse en el flujo de salida (X), en %;

$m_{\text{DRMO}(X)}$ Es la masa de material que está diseñada para reciclarse en el flujo de salida (X), en kg u otra unidad de masa;

$m_{\text{TO}(X)}$ Es la masa total del flujo de salida (X), en kg u otra unidad de masa

B.4 Indicadores adicionales de energía

B.4.1 Introducción a indicadores adicionales de energía

En B.4.2 y B.4.3 se proporcionan dos indicadores adicionales relacionados con la energía. Estos indicadores proporcionan información útil en la transición hacia una economía circular. El indicador de intensidad energética en B.4.3 es aplicable tanto a la economía lineal como a la economía circular.

B.4.2 Porcentaje de energía recuperada de flujos de salida de recursos residuales, no renovables y no recuperables

Los recursos no recuperables en los flujos de salida son recursos que no pueden recuperarse y utilizarse nuevamente después de haber sido procesados o utilizados, debido a inviabilidad tecnológica, económica, ambiental, social o regulatoria. En lugar de destinarse a su disposición, siguiendo sus ciclos de uso, los recursos residuales, no renovables, de valor material insignificante o negativo, que se consideran no recuperables, pueden utilizarse para la generación o recuperación de energía. Los recursos no renovables que pueden utilizarse para la valorización energética incluyen, por ejemplo, los residuos (mediante procesos como la producción de biogás, la pirólisis, la gasificación, la incineración con recuperación de energía, etc.), el agua calentada de plantas químicas y el agua usada para lavado (por ejemplo, por condensación o intercambio de calor).

NOTA: El valor material negativo puede ser el resultado de recursos con impactos ambientales o ecológicos perjudiciales. Por ejemplo, los recursos materiales de valores muy bajos o negativos pueden incluir productos no deseados o contaminados.

Este indicador representa el porcentaje de energía recuperada de los flujos de salida de recursos residuales no renovables, dividido por el flujo de entrada total de energía. El flujo de entrada total de energía puede estar compuesto por lo siguiente:

- Energías derivadas de recursos energéticos renovables;
- Energías derivadas de recursos vírgenes no renovables (por ejemplo, combustibles fósiles) o materiales renovables que no cumplen los requisitos del apartado a.2.4;
- Energías derivadas de recursos residuales no renovables.
- El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la fórmula (B.3):

$$P_{RNRENE} = \frac{(100 \cdot E_{INRENE})}{E_{TIE}} \quad (B.3)$$

donde

- P_{RNRENE} Es la energía recuperada de los flujos de salida de recursos residuales, no renovables y no recuperables, en %;
- E_{INRENE} Es la energía de los flujos de entrada derivada de recursos residuales, no renovables y no recuperables, en MJ (o en kwh);
- E_{TIE} Es la energía total del flujo de entrada, en MJ (o en kwh).

B.4.3 Intensidad energética

La intensidad energética se define como la cantidad de energía utilizada para producir un nivel dado de producción o actividad. Incluye todos los insumos de energía de los procesos de fabricación de un producto y/o de la prestación de un servicio, como la energía consumida por subproductos o la gestión de recursos. Minimizar el uso de energía para proporcionar un producto o servicio da como resultado una intensidad energética optimizada.

La metodología para calcular la intensidad energética varía según el tipo de producto o unidad de producción. Por lo tanto, las normas sectoriales de productos se pueden utilizar para determinar el promedio de la industria y para medir la intensidad energética promedio de la industria, lo que genera un indicador comparativo con respecto al promedio del mercado.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.4):

$$I_{EI} = \frac{E_{TIE}}{n_{PU}} \quad (B.4)$$

donde

- I_{EI} Es la intensidad energética calculada durante el período de referencia, en MJ (o en kwh);
- E_{TIE} Es el flujo de entrada de energía total durante el período de tiempo de referencia, en MJ (o en kwh);
- n_{PU} Es el número de productos unitarios, n , producidos durante el período de referencia.

B.5 Indicadores adicionales de agua

B.5.1 Introducción a los indicadores adicionales de flujos de salida de recursos

Se proporciona un indicador de agua adicional que considera el nivel de extracción de nutrientes del agua usada y la recirculación efectiva.

B.5.2 Extracción de nutrientes del agua vertida

B.5.2.1 Generalidades

Cualquier exceso de nutrientes y materiales relacionados (por ejemplo, niveles superiores que producirían la eutrofización) que se hayan introducido al flujo de agua dentro del sistema en foco deberían eliminarse del agua durante su recirculación o en el punto de vertido. Los nutrientes extraídos pueden ser recursos valiosos y pueden evaluarse para su uso posterior. Mediante la extracción, pueden mantenerse dentro del sistema económico más amplio, o devolverse de manera segura a la biosfera, como una forma circular de mitigar los posibles problemas asociados con el excedente.

Los nutrientes incluyen, por ejemplo, nitrato, fósforo como fosfato, metales (por ejemplo, Ca, Fe, Na, K), carbohidratos (por ejemplo, lípidos, grasas, azúcares), proteínas y vitaminas.

Dentro de este indicador se deberían considerar dos aportes:

- La cantidad de agua que se ha vertido tras la extracción de nutrientes;
- El porcentaje de materiales extraídos (respecto a los presentes originalmente).
- La información por medir es:
- La cantidad de agua vertida;
- La cantidad de agua tratada (es decir, de agua extraída de nutrientes) vertida;
- Los nutrientes en el agua, es decir, la cantidad total de materiales presentes en el vertido de agua antes de la extracción;
- La cantidad total de nutrientes extraídos.

El indicador se puede calcular mediante los métodos alternativos A (véase B.5.2.2) y B (véase B.5.2.3). Se puede utilizar cualquiera de los métodos para indicar la eficacia de la extracción, pero la aplicación de ambos métodos proporciona una descripción más completa.

B.5.2.2 Método A del indicador

El porcentaje de agua de la cual se han extraído todos los excedentes de nutrientes y materiales relacionados, antes de la descarga del agua del sistema en foco, con respecto al agua vertida total se calcula aplicando la Fórmula (B.5):

$$W_E = \frac{(100 \cdot W_{DTRD})}{W_{DTOT}} \quad (B.5)$$

donde

W_E Es el porcentaje de agua vertida extraída de nutrientes;

W_{DTRD} Es el volumen de agua vertida sujeta a extracción, en m^3 o una unidad de volumen adecuada;

W_{DTOT} Es el volumen total de agua vertida, en m^3 o una unidad de volumen adecuada.

B.5.2.3 Método B del indicador

El porcentaje de la masa de materiales excedentes extraídos (que han sido introducidos al agua dentro del sistema en foco) que se han devuelto de manera segura a la economía o al medio ambiente, mediante reciclaje, reúso o recirculación de nutrientes, con respecto a la masa original de materiales antes de la extracción, se calcula aplicando la Fórmula (B.6):

$$P_{ESMAT} = \frac{(100 \cdot m_{MATEXT})}{m_{MATPTE}} \quad (B.6)$$

donde

P_{ESMAT} Es el porcentaje de materiales excedentes extraídos;

m_{MATEXT} Es la masa de materiales extraídos, en kg u otra unidad de masa;

m_{MATPTE} Es la masa original de los materiales antes de la extracción, en kg u otra unidad de masa.

B.5.3 Intensidad hídrica

La intensidad hídrica se define como la cantidad de agua que se utiliza para producir un nivel dado de producción o actividad. Incluye todo el uso/consumo de agua del proceso de fabricación, las operaciones para prestar un servicio y otras actividades organizativas. Reducir el uso/consumo total de agua necesario para entregar un producto o servicio da como resultado una mayor intensidad hídrica. La metodología exacta para calcular la intensidad hídrica varía según el tipo de producto o unidad de producción. Se pueden utilizar normas específicas para los sectores sobre evaluación de la huella de agua (por ejemplo, la Norma ISO 14046), para determinar/medir la intensidad hídrica del sistema en foco (así como el promedio de la industria para permitir la comparación).

En una economía circular, el objetivo es reducir o minimizar el uso y la extracción de recursos (vírgenes), lo que también incluye el agua. Por tanto, la intensidad hídrica es un indicador útil para evaluar la eficiencia del consumo de agua.

El cálculo del indicador se realiza aplicando la Fórmula (B.7):

$$I_{WI} = \frac{E_{TIW}}{n_{PU}} \quad (B.7)$$

donde

I_{WI} Es la intensidad hídrica calculada durante el período de tiempo de referencia, en l ;

E_{TIW} Es el flujo de la entrada total (toma/uso/consumo) de agua durante el período de referencia, en l ;

n_{PU} Es el número de productos unitarios (producción o actividad), n , producidos durante el período de referencia.

B.6 Indicadores económicos adicionales

B.6.1 Introducción a los indicadores económicos

Hay varios indicadores económicos que no están desarrollados específicamente para medir la circularidad, pero que pueden usarse para ayudar en la transición necesaria de una economía lineal a una economía circular.

B.6.2 Participación en los ingresos relacionados con la circularidad

Actualmente no existe una definición común, ampliamente aceptada, de producto circular que sea robusta, confiable y verificable. Sin embargo, en la práctica se está utilizando la medición de la participación de ingresos totales por ventas de una organización de productos y soluciones que contribuyen a la economía circular. Se suele expresar como porcentaje de los ingresos por ventas generados al año debido a la venta de los denominados “productos circulares”. Los aumentos en este indicador representan un mejor desempeño circular de los esfuerzos de la organización para contribuir a una economía circular.

Este documento no proporciona dicho indicador de circularidad económica, debido a la falta de consenso sobre qué constituye un producto circular y cómo se puede calcular la circularidad de una manera muy clara. Esto aumenta el riesgo de información engañosa.

Para medir el desempeño circular de un producto, la organización debería aplicar los indicadores obligatorios de circularidad de los flujos de entrada y flujos de salida de recursos de los Capítulos A.2 y A.3.

B.6.3 Valor neto añadido

El indicador de valor neto añadido (VAN) mide el valor de un producto menos los costos de los factores económicos negativos. Los costos de los factores incluyen impuestos indirectos, depreciación, aumento de la renta, etc. Sin embargo, esto puede modificarse para incluir los efectos negativos de la transición a estrategias circulares, al incluir costos de capital, mayores costos de recursos y mayores costos laborales. Si bien el VAN se utiliza como herramienta de economía lineal, permite a las organizaciones estimar las ventajas y desventajas de implementar un modelo de creación de valor circular.

La información requerida para calcular este indicador son las ventas, stock, los gastos de capital, los costos asociados a los trabajadores, la capacitación y los cambios en la productividad, así como factores económicos como la depreciación, el cambio monetario, las tomas indirectas, etc.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.8):

$$I_{\text{NVA}} = G + H - J \quad (\text{B.8})$$

donde

- I_{VAN} Es el indicador VAN, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- G Es el ingreso total generado por el uso de recursos circulares, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- H Es la variación bursátil, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);

- J* Es la suma de todos los factores económicos negativos, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €).

B.6.4 Valor por masa

El valor por unidad de masa de recursos proporciona una estimación de la eficiencia del uso de recursos. Si bien el aumento del valor por masa muestra una circularidad creciente (ya sea debido al reciclaje, el reúso, la remanufactura, etc., o una mayor eficiencia de los recursos), las comparaciones solo son válidas dentro de un sistema especificado o en sistemas estrechamente relacionados.

La información por medir son las ventas, el stock y la masa de recurso(s) de entrada.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.9):

$$I_{VPUM} = \frac{K}{L} \quad (B.9)$$

donde

- I_{VPUM}* Es el valor por unidad de masa (VPUM, por sus siglas en inglés) de los recursos de entrada, en unidades monetarias por kg (por ejemplo, \$/kg, €/kg);
- K* Es el valor de ingresos del producto, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- L* Es la masa total de recursos utilizados, en kg.

B.6.5 Productividad de los recursos

La productividad de los recursos es similar al valor por masa, pero se extiende al nivel de sistema regional mediante el uso del PIB en lugar de los ingresos. Permite que una región o país (u organización, tras una modificación adecuada) realice un seguimiento del progreso hacia un modelo circular. Su debilidad es que la productividad de los recursos puede cambiar según el tipo de productos fabricados o utilizados, y puede cambiar a medida que cambia la economía de una región, país u organización.

El PIB no siempre es la medida ideal de la actividad económica de una región, ya que no incluye transacciones no financieras ni importaciones, y se pueden considerar otros indicadores económicos.

La información por medir es el PIB (o DMC o RMC dependiendo del nivel del sistema).

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.10):

$$I_{RP} = \frac{M}{N} \quad (B.10)$$

donde

- I_{RP} Es el indicador de productividad de los recursos, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- M Es el PIB, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- N Es la suma de los costos del impacto negativo, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €).

Nota a la versión en español:

En la versión española se ha corregido la fórmula de la versión inglesa que indica erróneamente IGPI (indicador de progreso genuino) en vez de IRP (Indicador de productividad de los recursos).

B.6.6 Indicador de progreso genuino

El GPI (por sus siglas en inglés) es adecuado para los niveles de sistema superiores. Es una corrección del PIB que tiene en cuenta los impactos negativos. A menudo se utiliza como alternativa al PIB y considera efectos negativos relacionados con la actividad económica, como impactos ambientales, entre otros. Aunque no está estrictamente definido para la circularidad, es muy útil, ya que el GPI refleja los resultados positivos y negativos del crecimiento económico. Puede modificarse considerando factores como el DMC, el RMC, las tasas de reciclaje, los flujos hacia rellenos sanitarios y para incineración, los costos de recuperación, etc.

La información por medir es el PIB, el DMC, el RMC, las tasas de reciclaje o las tasas de envío a rellenos sanitarios/incineración según el nivel del sistema.

El cálculo del indicador de circularidad se realiza aplicando la Fórmula (B.11):

$$I_{GPI} = M - N \quad (B.11)$$

donde

- I_{GPI} Es el GPI, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €);
- M Es el PIB, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €) (o el DMC, RMC o las tasas de reciclaje o de envío a rellenos sanitarios/incineración);
- N Es la suma de los costos del impacto negativo, en unidades monetarias (por ejemplo, \$, €)

(Informativo)

Métodos complementarios

C.1 Generalidades

En la medición y evaluación del desempeño circular, este documento tiene como objetivo evitar la superposición y la duplicación de métodos existentes como el ACV.

El MFA o RFA ya es una parte integrada del proceso de medición y evaluación en este documento.

Con respecto al objetivo de contribuir al desarrollo sostenible, se recomienda aplicar la Agenda 2030 de las Naciones Unidas,[54] para evaluar el impacto en cuestiones sociales, económicas y ambientales.

Este anexo proporciona una visión general, no exhaustiva, de este tipo de métodos complementarios.

C.2 Métodos y criterios de selección complementarios

C.2.1 Generalidades

Se pueden aplicar métodos complementarios para medir y evaluar los impactos y valores sociales, ambientales y económicos causados por las acciones para lograr objetivos circulares. Una organización es libre de elegir los métodos complementarios que mejor se ajusten a sus actividades y contexto. Se pueden utilizar métodos complementarios para vincular acciones circulares con otras iniciativas o programas de sostenibilidad relevantes a nivel organizacional, de producto/solución, del sector industrial, regional o mundial (por ejemplo, los ODS, programas de desarrollo social, medición de la huella de carbono y adquisiciones sostenibles).

Los criterios de selección se dan desde C.2.2 hasta C.2.4.

Los diferentes métodos complementarios evalúan diferentes aspectos de una acción circular. Para que la elección de una metodología particular sea globalmente consistente, los métodos complementarios se agrupan para su selección en función de su normalización y el tipo de organismo promotor. Esta categorización es útil en el contexto de la economía circular ya que las decisiones que se toman en este marco de referencia tienen el potencial de afectar diferentes sectores productivos y cadenas de valor, y también de generar impactos sociales, ambientales y económicos en todo el mundo. En este contexto, se pueden seleccionar métodos complementarios entre herramientas de amplia difusión y uso, reconocidas y validadas a nivel mundial.

Los Capítulos C.3 y C.4 proporcionan una lista de normas complementarias. Cuando sea posible, es preferible utilizar una norma del Capítulo C.3. En ausencia de una metodología normalizada adecuada de este primer grupo para evaluar algún aspecto

requerido (por ejemplo, el impacto social de una decisión de producción o de una elección de materiales), se puede seleccionar una norma del Capítulo C.4 y posteriores.

Para determinar qué métodos complementarios son relevantes, se pueden considerar las siguientes opciones:

- Los métodos normalizados de la ISO o, cuando estén disponibles, de la IEC;
- Métodos promovidos y normalizados por organizaciones internacionales en las que participan la mayoría de los países del mundo, como las Naciones Unidas, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial del Comercio (OMC);
- Métodos promovidos por organizaciones regionales o grupos representativos de países, como la OCDE, APEC, OEA, la Comisión Europea, Mercosur (como las cuentas de flujo de materiales para toda la economía de la OCDE);
- Métodos promovidos y utilizados por asociaciones industriales y ONG internacionales (por ejemplo, los métodos recomendados por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés), la Asociación de la Industria Eléctrica y Electrónica, la Asociación del Cemento, el ICMM y la Fundación Ellen McArthur).

C.2.2 Consistente con el nivel de sistema

Se debería tener en cuenta el nivel del sistema en foco (desde el nivel regional, interorganizacional u organizacional hasta el nivel de producto), ya que no todos los posibles métodos complementarios pueden adaptarse o utilizarse adecuadamente para evaluar los diferentes aspectos de una acción circular.

EJEMPLO

El análisis del flujo de materiales en todo el ámbito económico (EW-MFA) puede usarse adecuadamente para los niveles regional y quizás interorganizacional, pero puede ser un tema de incertidumbre significativa a nivel organizacional o de producto.

C.2.3 Consistente con el límite del sistema

El marco temporal y las escalas espaciales y geográficas pueden desempeñar un papel importante al elegir un método complementario específico.

EJEMPLO

La dilución o stock de materiales en la tecnoestructura puede implicar el uso del MFA en lugar del balance de masa tradicional para evaluar la disponibilidad de material.

C.2.4 Capacidades de expertos

Asegurar que al menos un miembro del equipo tenga suficiente conocimiento y experiencia con diferentes métodos complementarios. Véase la Especificación Técnica ISO/TS 14071.

C.3 Normas internacionales de medición y evaluación

Se puede aplicar la siguiente lista no exhaustiva de normas internacionales para la medición y evaluación:

- La Norma ISO 14001 especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que una organización puede utilizar para mejorar su desempeño ambiental. Está destinado a ser utilizado por una organización que busca gestionar sus responsabilidades ambientales de una manera sistemática que contribuya al pilar ambiental de la sostenibilidad. Ayuda a una organización a lograr los resultados previstos de su sistema de gestión ambiental, que brindan beneficios para el medio ambiente, la propia organización y las partes interesadas. Es aplicable a cualquier organización, independientemente de su tamaño, tipo y naturaleza, y se aplica a los aspectos ambientales de las actividades, productos y servicios que la organización determina que puede controlar o influir considerando una perspectiva del ciclo de vida.
- La Norma ISO 14051 proporciona un marco de referencia general para la contabilidad de costos de flujo de materiales (MFCA, por sus siglas en inglés). Según la MFCA, los flujos y stocks de materiales dentro de una organización se rastrean y cuantifican en unidades físicas (por ejemplo, masa, volumen) y también se evalúan los costos asociados con esos flujos de materiales. La información resultante puede actuar como motivador para que las organizaciones y la gerencia busquen oportunidades para generar simultáneamente beneficios financieros y reducir los impactos ambientales adversos. La MFCA es aplicable a cualquier organización que utilice materiales y energía, independientemente de sus productos, servicios, tamaño, estructura, ubicación y sistemas de gestión y contabilidad existentes. En un marco de economía circular, la MFCA puede proporcionar información valiosa para la eficiencia de los recursos, ya que puede utilizarse para mejorar el análisis de la ecoeficiencia, así como en los procesos estratégicos de toma de decisiones dentro de las organizaciones.
- La Especificación Técnica ISO/TS 14071 proporciona requisitos y directrices para realizar una revisión crítica de cualquier tipo de estudio de ACV y las competencias necesarias para la revisión. Proporciona: detalles de un proceso de revisión crítica, incluida una aclaración con respecto a la Norma ISO 14044; directrices para llevar a cabo el proceso de revisión crítica requerido, vinculado al objetivo del ACV y su uso previsto; el contenido y los entregables del proceso de revisión crítica; directrices para mejorar la coherencia, transparencia, eficiencia y credibilidad del proceso de revisión crítica; las competencias requeridas de el o los revisores (internos, externos y miembros del panel); las competencias requeridas para que el panel debe representar en su conjunto. No cubre las aplicaciones del ACV.

- La Norma ISO 14040 describe los principios y el marco de referencia para el ACV, incluidas: la definición del objetivo y alcance del ACV, la fase de análisis del ACV, la fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (AICV), la fase de interpretación del ciclo de vida, informes y revisión crítica del ACV, limitaciones del ACV, la relación entre las fases del ACV y las condiciones para el uso de elecciones de valor y elementos opcionales.
- La Norma ISO 14044 especifica requisitos y proporciona directrices para el ACV, que incluyen: la definición del objetivo y alcance del ACV, la fase de análisis del ACV, la fase del ACV, la fase de interpretación del ciclo de vida, la presentación de informes y la revisión crítica del ACV, las limitaciones del ACV, la relación entre las fases del ACV y las condiciones para el uso de elecciones de valor y elementos opcionales.

“El ACV puede brindar apoyo técnico a los tomadores de decisiones [de la economía circular], para evaluar los intercambios de los impactos en una variedad de indicadores de impacto ambiental, como el uso del agua, la energía, el cambio climático y las materias primas. El ACV también se puede aplicar para identificar las acciones y opciones [de economía circular] más prometedoras para mejorar el desempeño ambiental de los patrones de consumo y producción de la sociedad. Por ejemplo, el ACV proporciona una corrección a los análisis económicos basados en los regímenes tributarios actuales, donde el trabajo se grava más que los recursos materiales” (Life Cycle Initiative 2020 [50]).

- La Norma ISO 14067 especifica principios, requisitos y directrices para la cuantificación y presentación de informes de la huella de carbono de un producto (CFP, por sus siglas en inglés), de manera coherente con las normas internacionales sobre ACV (véanse las Normas ISO 14040 e ISO 14044).
- La Norma ISO 14046 especifica principios, requisitos y directrices relacionados con la evaluación de la huella de agua de productos, procesos y organizaciones basadas en ACV. Proporciona principios, requisitos y directrices para realizar y reportar una evaluación de la huella de agua como una evaluación individual o como parte de una evaluación ambiental más integral. En la evaluación solo se incluyen las emisiones y vertidos al aire y al suelo que afectan la calidad del agua, y no se incluyen todas las emisiones y vertidos al aire y al suelo. El resultado de una evaluación de la huella de agua es un valor numérico único o un perfil de resultados de los indicadores de impacto.
- La Norma ISO 14045 describe los principios, requisitos y directrices para evaluar la ecoeficiencia de los sistemas de productos. No incluye requisitos, recomendaciones ni directrices para elecciones específicas de categorías de impacto y valores ambientales. La aplicación prevista de la evaluación de ecoeficiencia se considera durante la fase de definición del objetivo y el alcance, pero el uso real de los resultados está fuera del alcance de la Norma ISO 14045.

EJEMPLO

Mejorar la ecoeficiencia del sistema de economía circular en zonas mineras puede ser la forma más efectiva de reducir el efecto invernadero y lograr un desarrollo sostenible.

- La Norma ISO 15686-5 proporciona requisitos y directrices para realizar un LCC en edificios y activos construidos, y la planificación de la vida útil. El LCC como una evaluación económica que considera todos los flujos de costos significativos y relevantes proyectados acordados durante un período de análisis, expresados en valor monetario. Los costos proyectados son aquellos necesarios para alcanzar los niveles definidos de desempeño, incluyendo la confiabilidad, la seguridad y la disponibilidad.
- La Norma ISO/IEC 17029 incluye requisitos y directrices sobre cómo configurar programas de verificación. Se puede utilizar para uso interno (por ejemplo, de primera parte), colaborativo (por ejemplo, de segunda parte) e independiente (por ejemplo, de tercera parte).
- La Norma ISO 20915 especifica directrices y requisitos para realizar estudios de ACV de productos de acero. Al considerar la circularidad de los productos de acero, se recomienda consultar los métodos de evaluación para el reciclaje en este documento.

C.4 Normas internacionales con métodos de orientación

- La Norma ISO 14025 establece los principios y especifica los procedimientos para desarrollar declaraciones ambientales de Tipo III y programas de declaraciones ambientales de Tipo III. Establece específicamente el uso de la familia de Normas ISO 14040 en el desarrollo de declaraciones ambientales Tipo III y de programas de declaraciones ambientales Tipo III. Establece principios para el uso de la información ambiental, además de los que figuran en la Norma ISO 14020. Las declaraciones ambientales de Tipo III están destinadas principalmente a la comunicación negocio a negocio, pero su uso en la comunicación negocio a consumidor bajo ciertas condiciones no está prohibido. Se puede utilizar para involucrar a los proveedores en esquemas de consumo y producción sostenibles para tomar las mejores decisiones en un programa de economía circular. También puede utilizarse para comunicar de forma certificada y comparable (mediante DAP) el desempeño ambiental de los insumos de materiales y otros suministros.
- La Especificación Técnica ISO/TS 14027 proporciona principios, requisitos y directrices para desarrollar, revisar, registrar y actualizar las PCR dentro de una declaración ambiental de Tipo III o un programa de comunicación de huella basado en ACV según las Normas ISO 14040 e ISO 14044, así como según las Normas ISO 14025, ISO 14046 e ISO 14067. También proporciona orientación sobre cómo abordar e integrar información ambiental adicional, esté basada o no en el ACV, de manera coherente y científicamente sólida de acuerdo con la Norma ISO 14025. Puede usarse para establecer principios básicos para desarrollar reglas para la medición y evaluación de la circularidad según categorías de productos o materiales.
- La Norma ISO 20245 establece criterios mínimos de selección para bienes de segunda mano que se comercializan, venden, ofrecen a la venta, donan o

intercambian entre países. Su objetivo es ayudar a proteger la salud, la seguridad y el medio ambiente en el que interactúan los bienes de segunda mano cuando los utilizan los consumidores. Se aplica a bienes de segunda mano que se envían a través de al menos una frontera internacional y donde el usuario final previsto es un consumidor. No se aplica a bienes remanufacturados, reconstruidos o reacondicionados.

- La Norma ISO 20400 ayuda a las organizaciones a cumplir con sus responsabilidades de sostenibilidad en las cadenas de valor proporcionando orientación sobre: principios de adquisiciones sostenibles, impulsores y consideraciones clave como el establecimiento de prioridades, el debido proceso y evitar la complicidad; integrar la sostenibilidad en la política de adquisiciones, organizar la función de adquisiciones hacia la sostenibilidad y definir estrategias de abastecimiento sostenibles; e integrar la sostenibilidad en el proceso de adquisiciones. La Norma ISO 20400 se basa en la Norma ISO 26000, y en un anexo se incluye una descripción detallada de las posibles acciones de adquisición para los 37 asuntos de responsabilidad social.
- La Norma ISO 26000 es una norma de orientación sobre responsabilidad social que incluye directrices internacionales y normas de comportamiento, como la Declaración de las Naciones Unidas sobre Derechos Humanos,[53] los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre las empresas y los derechos humanos[54] y los Convenios y recomendaciones de la OIT sobre derechos laborales. La Norma ISO 26000 es un instrumento práctico e integrado para ayudar a las organizaciones a contribuir al desarrollo sostenible. Es una guía integral, con siete temas centrales: medio ambiente, derechos humanos, prácticas laborales, cuestiones del consumidor, gobernanza organizacional, prácticas operativas justas, y participación y desarrollo comunitario; siete principios, incluidos la rendición de cuentas, la transparencia y el comportamiento ético; la identificación de, el diálogo con y responsabilidad en la cadena de valor de las partes interesadas (esfera de influencia); orientación práctica para integrar la responsabilidad social corporativa en las actividades principales y las cadenas de valor.
- La Norma ISO 37120 define y establece metodologías para un conjunto de indicadores para orientar y medir el desempeño de los servicios urbanos y la calidad de vida. Sigue los principios establecidos en la Norma ISO 37101, y se puede utilizar junto a ella y junto a otros marcos de referencia estratégicos. Es aplicable a cualquier ciudad, municipio o gobierno local que se comprometa a medir su desempeño de manera comparable y verificable, independientemente de su tamaño y ubicación.

C.5 Métodos promovidos por organizaciones internacionales (como la ONU)

- Análisis social del ciclo de vida (S-LCA, por sus siglas en inglés)[57]: se trata de un método que puede utilizarse para evaluar los aspectos sociales y sociológicos de los productos y sus impactos, positivos y negativos, reales y potenciales, a lo largo del ciclo de vida. Esto contempla la extracción y procesamiento de materias primas, la fabricación, la distribución, el uso, el reúso, el mantenimiento, el reciclaje y la disposición final. El S-LCA utiliza datos genéricos y específicos del sitio; puede ser cuantitativo, semicuantitativo o cualitativo, y complementa el ACV y el LCC ambientales. Puede aplicarse solo o en combinación con otras técnicas (véase la Life Cycle Initiative 2020[50]).
- Análisis de la sostenibilidad del ciclo de vida (LCSA, por sus siglas en inglés): se refiere a la evaluación de todos los impactos negativos y beneficios ambientales, sociales y económicos en los procesos de toma de decisiones hacia productos más sostenibles a lo largo de su ciclo de vida. El interés en desarrollar métodos para comprender y abordar mejor los impactos de los productos a lo largo de su ciclo de vida ha sido estimulado por una creciente conciencia global sobre la importancia de proteger el medio ambiente; por un reconocimiento de los riesgos de los intercambios entre posibles impactos asociados con los productos (tanto fabricados como consumidos), y por la necesidad de tener en cuenta las cuestiones del cambio climático y la biodiversidad desde una perspectiva holística (Life Cycle Initiative de PNUMA/SETAC, Principles for the application of life cycle sustainability assessment [35]). El enfoque amplio del LCSA es especialmente valioso como análisis complementario para la economía circular. Puede apoyar la evaluación y comparación de las acciones y opciones de economía circular más prometedoras para mejorar el desempeño ambiental de los patrones de consumo y producción de la sociedad (véase la Life Cycle Initiative 2020[50]).

C.6 Métodos promovidos por organizaciones internacionales regionales o específicas

- Contabilidad del flujo de materiales en toda la economía (EW-MFA por sus siglas en inglés), en particular la metodología de la OCDE[49]: se centra en el desempeño material de la economía, medido en “puntos de cruce” claramente definidos en el límite exterior de la economía nacional. Un entendimiento común claro de qué constituye la economía nacional y cómo se definen exactamente sus límites exteriores es útil para los compiladores de la EW-MFA. Esta comprensión clara garantiza que los flujos de materiales se contabilicen de manera normalizada en “puntos de cruce” o “puntos de medición” conceptualmente consistentes (Comisión Europea 2018[49]). La EW-MFA se puede utilizar para calcular la mochila ambiental y la huella material de los bienes y servicios, al transferir flujos de una economía a otra; también está relacionado con el ODS 8.

C.7 Especificaciones de propiedades de materiales y normas ASTM

Las aplicaciones y uso de materiales primarios o secundarios están determinados por sus propiedades, y éstas están estrictamente controladas o reguladas en muchos sectores industriales. La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) proporciona normas específicas para propiedades mecánicas, físicas, químicas, ópticas y térmicas de uso en, por ejemplo, los sectores de los implantes médicos (véase la Norma ASTM F67), la construcción (véase la Norma ASTM C926) y los alimentos (véase la Norma ASTM E460). Estas normas son necesarias para la salud y la seguridad en los sectores manufacturero e industrial, agrícola, médico, alimentario, químico, etc.

Las normas pueden centrarse en el desempeño (límite elástico, ductilidad, resistencia a la corrosión) hasta propiedades físicas como la estructura cristalina, el tamaño de grano y la composición de fases. Las organizaciones que se especifican pueden albergar detalles de propiedades de todos los grados de materiales y fabricantes relacionados con la aplicación y los estándares.

A través de procesos de reúso, remanufactura y reciclaje, muchas propiedades críticas de los materiales pueden cambiar, afectando el rendimiento e impidiendo su uso en una aplicación específica. Esto está bien documentado para plásticos y aleaciones. Estas propiedades cambiantes se pueden utilizar para indicar la eficiencia del reciclaje y de otros procesos, y pueden indicar si los materiales se están aumentando de ciclo, reciclando o bajando de ciclo. Muy a menudo, las especificaciones de propiedades de los materiales se utilizan con otras técnicas complementarias para abordar los beneficios de un proceso circular. La ISO proporciona orientación para el uso de materiales secundarios (por ejemplo, ISO 59014).

- Norma ASTM E3210: práctica normalizada para organizaciones que proporcionan servicios de activos de infraestructura, como agua, tránsito o seguridad, donde las entradas de las partes interesadas son parte integral de la planeación, el desempeño y la evaluación del desempeño. Se hace un seguimiento de los ingresos y desembolsos para controlar que se mantengan dentro de los medios de la organización, pero también para seleccionar las fuentes de ingresos que tengan mayor equidad en términos de distribución de la riqueza.

Anexo D

(Informativo)

La economía circular y los ODS**D.1 Contribuir al desarrollo sostenible**

Un sistema de economía circular debería contribuir al desarrollo sostenible. Esto significa contribuir a los ODS de la Agenda 2030 de la ONU.[54] Las actividades de la economía circular pueden tener un impacto positivo en muchos ODS.

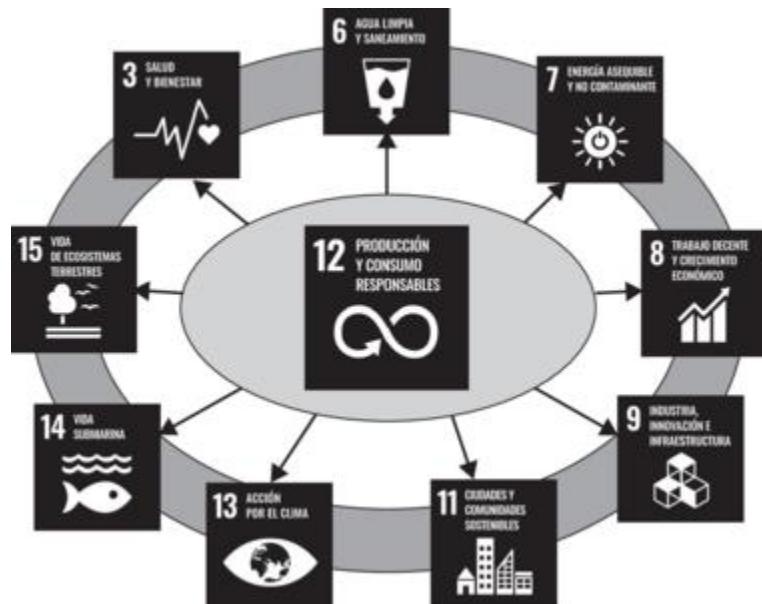
Este anexo proporciona información general sobre las relaciones entre la economía circular y los ODS. También proporciona ejemplos más detallados sobre las relaciones con las metas e indicadores de los ODS.

NOTA: Debido a que la Agenda 2030 de la ONU ha sido desarrollada y acordada para la implementación de los ODS a nivel regional (por ejemplo, país, región, ciudad), la medición de las metas e indicadores de los ODS es principalmente aplicable a organizaciones públicas e instituciones gubernamentales. Sin embargo, la Agenda 2030 de la ONU ha inspirado a muchas organizaciones privadas y sin fines de lucro a adoptar ODS relevantes en su misión y políticas.

D.2 Panorama general entre economía circular y ODS

La economía circular está fuertemente relacionada con el ODS 12 “Producción y consumo responsables”. La circularidad también puede tener sus raíces en el ODS 9 “Industria, Innovación e Infraestructura”, al mejorar el desempeño circular en los edificios y la infraestructura.

La Figura D.1 muestra la economía circular con el ODS 12 en el centro y posibles relaciones con otros ODS.

Figura D.1 — Economía circular y relaciones con otros ODS

D.3 Relaciones directas e indirectas entre economía circular y ODS

Las prácticas de economía circular pueden tener un impacto claro y directo en los ODS y sus metas; sin embargo, el impacto también puede ser menos evidente e indirecto.

Por ejemplo, la meta 12.4 del ODS 12 indica:

“12.4 De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos de referencia internacionales acordados, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente”.

NOTA: En esta situación puede ser relevante referirse a los indicadores 12.4.1 y 12.4.2 de los ODS, asociados a las metas, ya que proporcionan alcance, variables, fuente y tipo de datos, métricas y formas de contabilidad/cálculos que pueden mostrar o ayudar a establecer un vínculo adecuado con las actividades de la economía circular:

- Indicador 12.4.1: Número de partes en acuerdos ambientales multilaterales internacionales sobre residuos peligrosos y otros productos químicos que cumplen con sus compromisos y obligaciones de transmitir información según lo exige cada acuerdo pertinente.
- Indicador 12.4.2: a) Residuos peligrosos generados per cápita; y (b) proporción de residuos peligrosos tratados, por tipo de tratamiento.

EJEMPLO

Prácticas de economía circular y ODS [52]:

- Un objetivo importante para hacer que la economía circular funcione para el ODS 3 y el ODS 8 sería eliminar las prácticas de economía circular con impactos negativos para la salud de los trabajadores en los sectores formales e informales del reciclaje.
- Además, lo que se requiere es la transferencia de tecnologías y procesos de reciclaje que eviten emisiones químicas con efecto negativo sobre el medio ambiente. Esto contribuiría a alcanzar la meta 12.4.
- Las actividades de reciclaje llevadas a cabo actualmente por el sector informal requerirán fuertes iniciativas de las partes interesadas para implementar el desarrollo de capacidades, la capacitación vocacional y la transferencia de tecnología para convertirlas en “empleos decentes” (metas 8.3 y 8.5).
- Otro ejemplo que demuestra el carácter transversal de las prácticas de economía circular es el ODS 3 (Salud y bienestar). La mayoría de las metas de este objetivo no tienen relación con las prácticas de economía circular, pero la implementación de prácticas de economía circular en el marco del ODS 6 (Agua y saneamiento) y el ODS 7 (Energía asequible y limpia) contribuirá significativamente al progreso en materia de salud y bienestar.
- Adopción de prácticas de economía circular relacionadas con las energías renovables y contribución al logro de las metas energéticas del ODS 7.

D.4 Ejemplos de metas e indicadores de los ODS en relación con los indicadores de circularidad

D.4.1 Generalidades

Al evaluar el desempeño circular de un sistema específico, es valioso tener en cuenta los impactos en los ODS, en un nivel más detallado de metas e indicadores de los ODS.

En D.4.2 a D.4.9 se dan ejemplos de los ODS mencionados en la Figura D.1.

D.4.2 ODS 3: Salud y bienestar

Meta 3.9:

- Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.

Indicadores de ODS:

- 3.9.2: Tasa de mortalidad atribuida al agua insalubre, al saneamiento deficiente y a la falta de higiene (exposición a servicios insalubres de agua, saneamiento e higiene para todos (WASH)).
- 3.9.3: Tasa de mortalidad atribuida a intoxicaciones involuntarias.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto indirecto:

- Aguas residuales recicladas y limpiadas (metros cúbicos por día) evitando la contaminación ríos.
- Reducción de residuos peligrosos destinados a rellenos sanitarios, evitando la contaminación del suelo.
- Indicador de este documento (véase A.5.4):
- Relación (in situ o interna) de reúso o recirculación de agua.

D.4.3 ODS 6: Agua limpia y saneamiento

Meta 6.3:

- De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y el reúso sin riesgos a nivel mundial.

Indicadores de ODS:

- 6.3.1: Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada.
- 6.4.1: Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto directo:

- Uso o reducción de agua (m^3) por fuente (acueducto, aguas lluvia, agua de ríos/lagos, agua subterránea) en las operaciones.
- Agua reciclada (m^3) dentro de una organización o entre organizaciones.
- Reducir o evitar el ingreso de sustancias químicas peligrosas a las fuentes de agua.

Indicadores de este documento (véanse A.5.3 y A.5.4):

- Porcentaje de agua vertida de acuerdo con los requisitos de calidad.
- Relación (in situ o interna) de reúso o recirculación del agua.

D.4.4 ODS 7: Energía asequible y limpia

Meta 7.2:

- De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

Indicador de ODS:

- 7.2.1: Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto directo:

- Reducción de recursos energéticos (renovables y no renovables), debida a la eficiencia de recursos materiales.
- Ahorro de energía debido al reacondicionamiento o la remanufactura de una cartera de productos.
- Indicadores de este documento (véanse A.4.2 y B.4.2):
- Porcentaje promedio de energía consumida que es energía renovable.
- Porcentaje de energía recuperada de flujos de salida de recursos residuales, no renovables y no recuperables.

D.4.5 ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico

Meta 8.4:

- Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco de referencia Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países Desarrollados.

Indicadores de ODS:

- 8.4.1: Huella material en términos absolutos, huella material per cápita y huella material por PIB.
- 8.4.2: Consumo material interno en términos absolutos, consumo material interno per cápita y consumo material interno por PIB.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto indirecto:

- Recursos materiales primarios (masa) utilizados en la infraestructura vial adquirida, por región.
- Recursos materiales reusados (masa) en el sector automotriz del país X.

Indicador de este documento (véanse A.6.2, B.6.4 y B.6.5):

- MP.
- Valor por masa.
- Productividad de los recursos.

D.4.6 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Meta 11.6:

- De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental adverso per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

Indicador de ODS:

- 11.6.1: proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente y con una descarga final adecuada respecto del total de desechos sólidos urbanos generados, desglosada por ciudad.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto directo:

- Papel, vidrio, plástico y residuos de alimentos reciclados (masa/año) por ciudad, evitando la incineración y el depósito en rellenos sanitarios de materiales de desecho.
- Residuos electrónicos reciclados (masa/año) por ciudad.

Indicadores de este documento (véanse A.3.4 y A.3.5):

- Porcentaje real de materiales reciclados derivados del flujo de salida.
- Porcentaje real de recirculación del flujo de salida en el ciclo biológico.

D.4.7 ODS 13: Acción por el clima

Las metas e indicadores del ODS 13 están vinculados a los países, lo que dificulta conectar los indicadores de circularidad directamente con los indicadores del ODS 13, con excepción del nivel de sistema regional de un país.

Sin embargo, las actividades de circularidad en los cuatro niveles del sistema pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI en favor de situaciones climáticas.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto directo:

- Reducción de las emisiones de GEI debido al reacondicionamiento, la remanufactura y el reciclaje (en toneladas de CO₂ equivalentes) por sector en el país X.

- Reducción de las emisiones de GEI debido al rediseño de equipos de combustibles fósiles a equipos de energía solar (en toneladas equivalentes de CO₂) por sector en el país X.
- Porcentaje de energía renovable para todos los procesos, incluidos los biocombustibles y biogás de fuentes residuales o coproductos.

Indicador de este documento (véase A.3.3):

- Porcentaje real de productos y componentes reusados, derivados del flujo de salida.

D.4.8 ODS 14: Vida submarina

Meta 14.1:

- De aquí a 2025, prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la polución por nutrientes

Indicador de ODS:

- 14.1.1: Índice de eutrofización costera y densidad de detritos plásticos flotantes.

Ejemplos de indicadores de circularidad:

- Reducción de los envases de plástico (para evitar pérdidas en ríos, lagos, mares, océanos).
- Reducir o prevenir la contaminación por residuos mediante productos biodegradables en lugar de productos no biodegradables.

Indicador de este documento (véase A.5.3):

- Porcentaje de agua vertida de acuerdo con los requisitos de calidad.

D.4.9 ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

Meta 15.5:

- Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y, de aquí a 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.

Es difícil definir una conexión directa de medición con el indicador ODS relacionado (15.5.1: Índice de la Lista Roja). Sin embargo, se puede medir el impacto indirecto de las actividades de circularidad en la biodiversidad; consulte los siguientes ejemplos.

Ejemplos de indicadores de circularidad, con impacto indirecto:

- Reducción de las emisiones y vertidos peligrosos al suelo y al aire al sustituir pesticidas químicos por pesticidas biodegradables, evitando enfermedades tóxicas para insectos y aves.
- Madera reusada (embalaje de pallets, demolición de obras) evitando la deforestación (número de árboles/año).
- Aprovechamiento de material biológico procedente de métodos de producción agrícola que regeneren la biodiversidad.
- Porcentaje de materiales que han sido retornados de forma segura al medio ambiente mediante compostaje, biodegradación o recirculación de nutrientes.

Indicador de este documento (véase A.2.4):

- Contenido renovable promedio del flujo de entrada.

Anexo E

(Informativo)

Flujos de salidas de recursos no recuperados por el sistema en foco

E.1 Consideraciones adicionales para la medición de flujos de salida no circulares

Las salidas de recursos no recuperadas por el sistema en foco se consideran no circulares en ese momento. Todas las salidas no circulares significativas se deberían identificar y calcular por separado. Esto también es necesario para apoyar la aplicación de métodos complementarios, los cuales puedan medir los impactos ambientales y sociales. En las siguientes iteraciones hacia la mejora continua, el objetivo de las prácticas de economía circular debería ser identificar prácticas que permitan una mayor recuperación de recursos y evitar todas las prácticas en las que los recursos no se recuperan.

Si se sabe que se recupera el valor de algún flujo de salida de recursos, al reparar, restaurar, remanufacturar, reutilizar con un nuevo propósito, reciclar, reusar o adaptar a la recirculación en el ciclo biológico, entonces los indicadores base de circularidad aplicables se pueden calcular como se especifica en el Anexo A.

E.2 Tipos de flujo de salida no circular

E.2.1 Generalidades

Los recursos que son flujo de salida del sistema en foco pero que no se recuperan pueden ser emisiones y vertidos (véase E.2.2), pérdidas (véase E.2.3), desechos (véase E.2.4) y productos no recuperables (véase E.2.5).

E.2.2 Emisiones y vertidos

Las emisiones y los vertidos son cuantificables y normalmente se miden y contabilizan en el ACV. Por lo general, las emisiones y vertidos no se recuperan, aunque con las nuevas tecnologías es posible recuperar algunos, por ejemplo, el CO₂ procedente de procesos de incineración o producción. Las emisiones y los vertidos pueden ser perjudiciales o no para el medio ambiente.

EJEMPLO

Emisiones de automóviles, emisiones de GEI o PCB, vertimiento de ácidos o aceites, desechos no gestionados como el plástico en ríos y océanos, basura, microplásticos agregados intencionalmente en productos (por ejemplo, microperlas de plástico) liberados durante el uso.

Estas emisiones y vertidos deberían identificarse y calcularse por separado para las emisiones al aire, los vertimientos al agua y los vertimientos al suelo.

E.2.3 Pérdidas

Las pérdidas son flujos de salida no gestionados provenientes del sistema en foco, en cualquier etapa del ciclo de vida. Estos recursos usualmente no se recuperan debido a diversas razones, como la pérdida hacia la biosfera (por ejemplo, abrasión de neumáticos, microplásticos causados por el desgaste). Pueden ser dañinos o no dañinos para el medio ambiente dependiendo de la situación. La filtración, la disipación de calor y energía, o la pérdida o evaporación de agua se cuentan como pérdidas. Para medir la circularidad, las pérdidas se estiman con base en el balance de masa y contabilizan lo que se pierde durante los procesos pero que no se puede medir directamente.

E.2.4 Residuos

Los residuos son flujos de salida de un sistema que pueden ser recuperables o no recuperables. Un residuo es un recurso que se considera que ya no es un activo, ya que proporciona un valor insuficiente para el poseedor del sistema.

Una emisión o vertido gestionados, así como las pérdidas no gestionadas, pueden ser etiquetadas como residuos dependiendo del contexto regulatorio. Los residuos, por ejemplo, pueden filtrarse en el medio ambiente como pérdidas o pueden ser liberados intencionalmente.

Los residuos que se recuperan y procesan en materiales secundarios según las tasas regionales de recuperación pueden contarse como flujo circular (véanse los indicadores de A.3.3, A.3.4 y A.3.5).

Para la medición del flujo no circular, se debería calcular la cantidad de residuos que se mueven desde el sistema en foco pero que no se recuperan, aunque sean potencialmente recuperables. También es necesario contabilizar como no recuperados los recursos que son un flujo de salida de los procesos y se acumulan en el sitio pero que no serán recuperados.

Es importante considerar que incluso en un sistema donde hay viabilidad tecnológica, económica y regulatoria para utilizar un flujo de salida como recurso, es posible que el sistema en foco, por su propia toma de decisiones y estrategia, decida (por ejemplo, deliberadamente o por falta de conocimiento de una alternativa) no recuperar recursos de los flujos de residuos. Por lo tanto, la clasificación como residuo es un estado adquirido por un flujo de salida de recursos de un sistema específico, una condición que puede o no repetirse en el mismo sistema en otro marco de tiempo o en otros sistemas similares.

En esa medida específica de circularidad, el flujo de salida no circular puede tener al menos dos significados diferentes para los residuos:

- a) Es un flujo de salida de recursos condicionado a la disposición final y segura, sin ningún tipo de recuperación de valor, debido a la inviabilidad tecnológica, económica, ambiental, social o regulatoria.
- b) Es un flujo de salida de recursos recuperable que se trata como si no tuviera valor para recuperar y, por lo tanto, puede haber una oportunidad de recuperación de valor que no se está ejecutando.

En la Norma ISO 59014 se da una orientación sobre las condiciones de cualificación para los recursos recuperables.

Se debería describir el método del fin de vida último para los residuos.

Las razones por las cuales un recurso puede tratarse como sin valor pueden ser las siguientes:

- No se encuentra aún en flujos circulares sino en sistemas lineales;
- Sale de los flujos circulares debido a la ausencia o la ineficiencia de sistemas de recolección o logística de retorno, falta de sistemas de reciclaje, restricciones técnicas, etc.;
- Razones sociales (por ejemplo, el cliente no devuelve el producto);
- Se transforma en un estado irreversible e inutilizable, sin uso alguno;
- Se ve afectado por la pérdida de datos o de información histórica, o presenta alguna otra procedencia incierta que impida la recuperación;
- Contiene sustancias peligrosas o mezclas de sustancias que no pueden ser recuperadas ni utilizadas en un proceso ambientalmente seguro y se destruyen para evitar la contaminación del medio ambiente (por ejemplo, eliminación intencional de sustancias peligrosas de los ciclos).

Los residuos que no se gestionan adecuadamente pueden convertirse en una emisión o vertido perjudicial para el medio ambiente (como residuos plásticos y otros residuos no degradables que eventualmente contaminan ríos y océanos). Para prevenir estos impactos perjudiciales sobre el medio ambiente, se necesitan estrategias como sistemas regulados de gestión de residuos y una gestión limpia de procesos.

E.2.5 Productos no recuperables

Los productos no recuperables que salen del sistema en foco crean un flujo no circular. Los productos pueden caer en flujos no circulares si no están diseñados para su recuperación o si son incompatibles con los sistemas de recuperación actuales.

E.3 Recursos para el ciclo biológico

Los recursos de base biológica que abandonan el sistema en foco pueden ser incorporados en productos en el ciclo biológico y en el ciclo técnico. Es importante comprender el diseño del producto y su uso previsto para determinar y asegurar si, al final de su vida útil prevista, se debería disponer de él mediante compostaje (véase

A.3.4), o si seguirá un proceso de recuperación de recursos en el ciclo técnico, como el reúso o el reciclaje (véanse A.3.3 y A.3.4).

Siempre que sea posible, los materiales renovables y no renovables, debido a la naturaleza de las opciones de recuperación, deberían mantenerse separados o diseñarse para el desmontaje en el fin de vida, para que puedan ser tratados en instalaciones adecuadas.

Si una solución está diseñada para la interacción directa con el medio ambiente, o si un recurso de base biológica en el flujo de salida de un sistema en foco no se recupera y entra en la biosfera, puede ser certificado para demostrar su compostabilidad o biodegradabilidad antes de su disposición y que no contiene contaminación con materiales que puedan causar daño. Además, estos materiales no deberían estar contaminados por materiales no renovables, excepto cuando estos sean demostrablemente inertes y no dañinos.

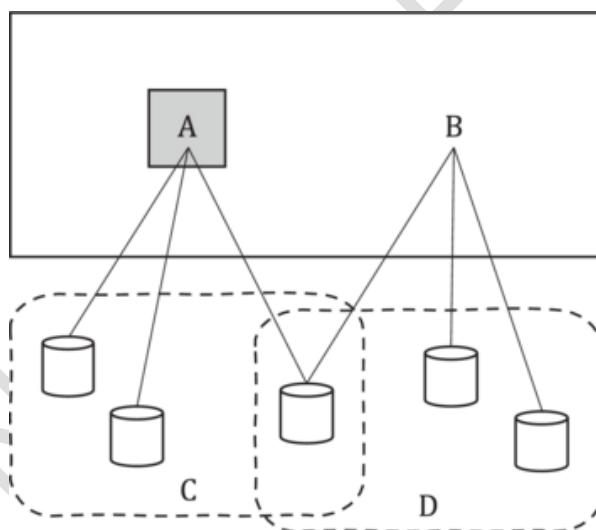
Véase A.3.4 y las condiciones de calificación para la recirculación como flujo de salida circular; de lo contrario, los recursos biológicos deberían contarse como flujo no circular, ya sea como emisión, vertido, pérdida o residuo.

Anexo F

(Informativo)

Diferentes tipos de datos**F.1 Datos de primer plano y segundo plano**

Las siguientes descripciones se basan en la Norma ISO 14033. Los datos de primer plano representan aspectos dentro de los límites del sistema en foco. Pueden incluir, por ejemplo, el proceso de producción de una empresa manufacturera o la fase de uso de una oferta de producto como servicio. Los datos de segundo plano representan aspectos fuera del sistema en foco. En la Figura F.1 se presenta una ilustración de los datos de primer plano y de segundo plano. Esta figura muestra que el sistema en foco puede describirse mediante varios conjuntos individuales de datos, que pueden originarse desde la medición dentro del sistema en foco, como datos de primer plano, o desde el sistema más amplio, como datos de segundo plano.

Figura F.1 — Datos de primer plano y de segundo plano**Leyenda**

- A Sistema en foco
- B Sistema más amplio
- C Datos de primer plano
- D Datos de segundo plano

Los datos de primer plano tienen la intención de representar aspectos específicos del sistema en foco (por ejemplo, cantidades de varios tipos de recursos que fluyen a través del sistema en foco). Generalmente, los datos de segundo plano deberían ser datos genéricos que representen el sistema más amplio y la variabilidad de datos de diferentes fuentes (respecto al sistema en foco). Los datos de primer plano deberían ser datos específicos que representen un conocimiento más profundo del sistema y de la medición de datos, etc. Estos datos se adquieren o controlan dentro del sistema en foco.

EJEMPLO

Los datos que describen los flujos de recursos dentro del sistema en foco son datos de primer plano, mientras que datos similares para el sistema más amplio (por ejemplo, datos agregados de toda una industria o datos de empresas o sectores relacionados) son datos de segundo plano.

NOTA: Los datos de primer plano también pueden ser datos primarios. Ejemplos son las especificaciones del contenido exacto del producto o los tipos y cantidades de material de un proceso de reciclaje.

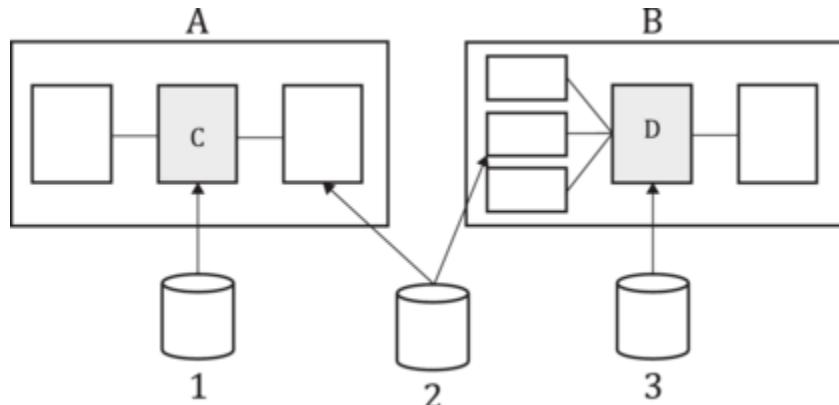
F.2 Datos específicos y genéricos

Los datos específicos son datos (primarios o secundarios) que representan una categoría específica, como:

- Específicos del sitio, incluidos el sitio de producción, el ecosistema, la población, la posición de un vehículo, la ciudad y la organización;
- Específicos de tecnología, relacionados con datos específicos del equipo de medición o del sistema estudiado;
- Específicos de organización, incluida cualquier organización específica como se describe en la norma ISO 14001;
- Específicos de sector, como el sector energético y el sector del transporte;
- Específicos regionalmente, como regiones geopolíticas y países.

En la Figura F.2 se proporciona una ilustración de datos específicos y genéricos.

Los datos específicos tienen una aplicabilidad estrecha (por ejemplo, a un sistema en foco seleccionado o a un proceso dentro de él), mientras que los datos genéricos tienen una amplia aplicabilidad, posiblemente transversal a un sector o industria. La elección entre datos específicos o genéricos se determina por los requisitos del objetivo para el cual se adquiere y recopila la información. Genérico o específico no implica calidad de datos, ya que la calidad de los datos se determina por su idoneidad.

Figura F.2 — Datos específicos y genéricos**Leyenda**

- A Aplicación A
- B Aplicación B
- 1 Datos específicos, solo aplicables a C
- 2 Datos genéricos, para cualquier estudio
- 3 Datos específicos, solo aplicables a D

F.3 Metadatos

Son necesarios metadatos robustos (es decir, datos que describen datos) para comprender la información cuantitativa. Los componentes de los metadatos que deberían abordarse incluyen:

- Descriptores del conjunto de datos (por ejemplo, nombre, tamaño, formato, requisitos especiales de software);
- Información de versión (por ejemplo, normas utilizadas, un identificador único, información de contacto);
- Descriptores de recursos (por ejemplo, alcance espacial y temporal).

Las características de calidad son especialmente importantes para los metadatos robustos, ya que las variaciones en los métodos de instrumentación o muestreo pueden dificultar las comparaciones (a través del tiempo o el espacio).

Está implícito a lo largo de este documento que se suministran metadatos completos sobre cada paso individual junto a cualquier dato intermedio producido, así como junto a la información cuantitativa resultante.

Anexo G

(Informativo)

Orientación sobre cálculos y agregación básicos de sistemas**G.1 Introducción a los cálculos básicos de sistemas**

Este anexo proporciona orientación adicional sobre cómo calcular propiedades y flujos de sistemas.

Como se describe en el Capítulo 6, es importante definir correctamente los límites del sistema en foco. En la práctica, esto significa que durante la adquisición de datos la organización debería ser precisa en relación con:

- a) Dónde recolectar datos, con respecto al punto de medición real en donde se toman los datos, para representar que un flujo de recursos sale de un sistema y entra en otro sistema;
- b) Cómo se especifican los datos, para que los datos adquiridos realmente representen el mismo flujo de recursos que sale de un sistema y entra en otro sistema;
- c) En qué momento se miden los datos o qué momento representan;
- d) Para qué período de tiempo (o cualquier entidad de normalización, como por unidad entregada de solución) es representativa una cantidad específica de flujo de recursos que entra o sale de un sistema.

Al calcular los diferentes valores de indicadores basados en un sistema definido en foco, todos los datos deberían relacionarse con alguna referencia cuantitativa única (por ejemplo, una propiedad cuantitativa relevante del sistema en foco). Ejemplos son:

- Por unidad producida de servicio, de producto o de otra solución;
- Por año;
- Por volumen de ventas anuales del sistema en foco;
- Por ciclo de vida por producto.

Es necesario que todos los valores de indicadores calculados de una medición y evaluación estén asociados con una única referencia cuantitativa de este tipo, ya que de lo contrario no se pueden comparar, y no se puede calcular, por ejemplo, la eficiencia de recursos de una acción circular, solución o sistema en foco.

G.2 Agregación de sistemas similares, en una suma, un promedio o una comparación

Suma o promedio de los mismos datos de indicadores (por ejemplo, sistemas de subsistemas o mediciones periódicas) dentro de los mismos límites del sistema en foco.

EJEMPLO

Tres ejemplos diferentes de suma o promedio son:

- a) Suma total: resumir el valor económico total anual de un flujo de recursos que ingresa a un sistema, sumando las cantidades de flujo hacia el sistema durante los 12 meses.
- b) Desempeño promedio: dividir la suma total del ejemplo anterior por 12 para obtener el promedio mensual.
- c) Datos representativos del desempeño técnico, por ejemplo, al agregar datos de sistemas de reciclaje similares para latas de aluminio para:
 - 1) Formar una cantidad total de material reciclado por el sector;
 - 2) Dividir la suma por la cantidad total de aluminio de las latas para calcular un promedio de la tasa de reciclaje de las latas de aluminio.

Aspectos clave sobre la agregación en sumas o promedios:

- Al agregar un sistema que es la suma o el promedio de varios componentes similares, los sistemas componentes deberían tener el mismo límite del sistema;
- El mismo límite del sistema significa la misma función del sistema, como la sumatoria de los servicios o ciclos de vida de productos circulares, y la misma interfaz del sistema, como flujos de entrada y flujos de salida de recursos, y otras interacciones con el sistema social y ambiental;
- Las mismas matemáticas y la similitud de los límites del sistema también se aplican para comparar los resultados de indicadores entre diferentes alternativas de escenario o al comparar el desempeño circular de diferentes sistemas.

G.3 Agregación de sistemas parciales en un sistema más grande

Esta agregación se realiza cuando varios sistemas parciales diferentes se resumen como un sistema más grande, como cuando diferentes sitios de producción se deben resumir como la producción completa de una empresa, varios municipios se resumen como un área geográfica completa, o cuando empresas, consumidores y otras organizaciones se resumen como una red de valor.

EJEMPLO

Tres ejemplos diferentes de agregación de sistemas parciales en un sistema más grande son los siguientes:

- Estadísticas regionales o nacionales: Una oficina de estadísticas solicita datos sobre flujos de recursos hacia, desde o entre diferentes industrias en una región o nación, con el fin de producir los flujos de recursos regionales o nacionales entrantes, salientes e internos de la región o nación.
- Desempeño organizacional: Una empresa multinacional monitorea los flujos mensuales de recursos entrantes y salientes cada sitio operativo en indicadores relevantes que cuantifican los flujos de entrada de recursos globales mensuales de la organización.
- Desempeño interorganizacional: Una red de valor compuesta por varias empresas diferentes en diferentes sectores. La red de valor monitorea su desempeño combinado, recopilando informes mensuales de todas las empresas individuales sobre todos los flujos de entrada y flujos de salida de recursos desde y entre los miembros de la red de valor. El resultado se combina en indicadores relevantes que cuantifican la circularidad de la red de valor total.

Aspectos clave sobre la agregación de sumas:

- a) Tener cuidado con sistemas agregados más grandes que no tengan el mismo límite del sistema que sus sistemas parciales.
- b) Asegurar que la sumatoria de todos los sistemas parciales sea igual al sistema más grande, sin brechas ni dobles contabilizaciones:
 - 1) todos los sistemas parciales que se agregan en un sistema más grande son diferentes y tendrán posibilidades individuales muy diferentes para mantener los flujos de recursos circulares; evitar simplificaciones incorrectas respecto al sistema local de reciclaje, uso de recursos no renovables, etc., que pueden resultar en brechas significativas de datos;
 - 2) algunos o todos los sistemas parciales que se van a agregar en el sistema más grande utilizan los mismos sistemas de producción de energía, sistemas de reciclaje, etc.; evitar simplificaciones incorrectas que conduzcan a la doble contabilización;
 - 3) se recomienda describir explícitamente el sistema más grande como una verificación adicional de posibles brechas de datos o dobles contabilizaciones.
- c) Asegurar que las definiciones de cualquier nomenclatura de los datos adquiridos estén coordinadas para el informe y que el marco de tiempo sea el mismo para todos los componentes del sistema.

Estos problemas también se aplican en sentido inverso al especificar qué indicadores se deben utilizar en sistemas parciales, como indicadores para informar desde sitios de producción individuales o municipios para establecer indicadores estadísticos corporativos o nacionales.

Anexo H

(Informativo)

Ejemplos con ilustraciones

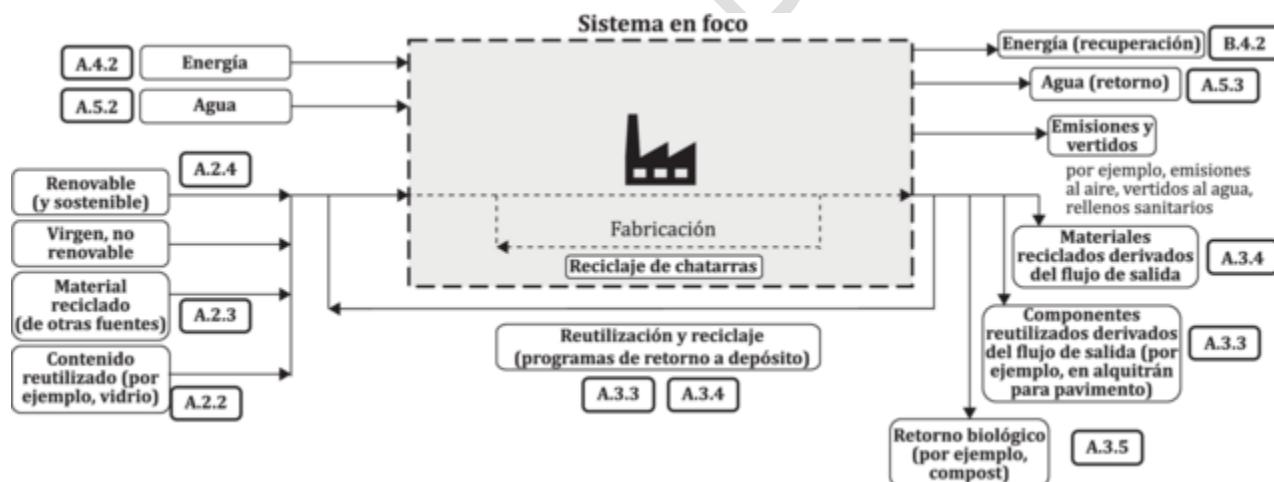
H.1 Generalidades

Este anexo incluye ejemplos combinados con una figura. Los ejemplos hacen referencia a los indicadores de los Anexos A y B.

H.2 Ejemplo de un fabricante de envases para bebidas

La Figura H.1 muestra los posibles flujos de recursos (flujos de entrada a la izquierda, y flujos de salida a la derecha) para un gran fabricante de envases para bebidas. Se fabrican cuatro tipos de envases: botellas en base a pulpa de papel, latas de aluminio, botellas de vidrio y botellas de plástico.

Figura H.1 — Sistema de fabricación de envases para bebidas y límites



En el lado de los flujos de entrada, se muestran cuatro tipos de flujos de recursos: flujo de entrada de recursos renovables y sostenibles (por ejemplo, papel), materiales vírgenes no renovables (por ejemplo, aluminio, vidrio, plástico), materiales reciclados comprados de fuentes externas cuyo suministro no está determinado, y contenido reusado (por ejemplo, vidrio que ha sido recolectado y devuelto para lavado y reúso). También se muestran la energía y el agua como flujos de entrada de recursos.

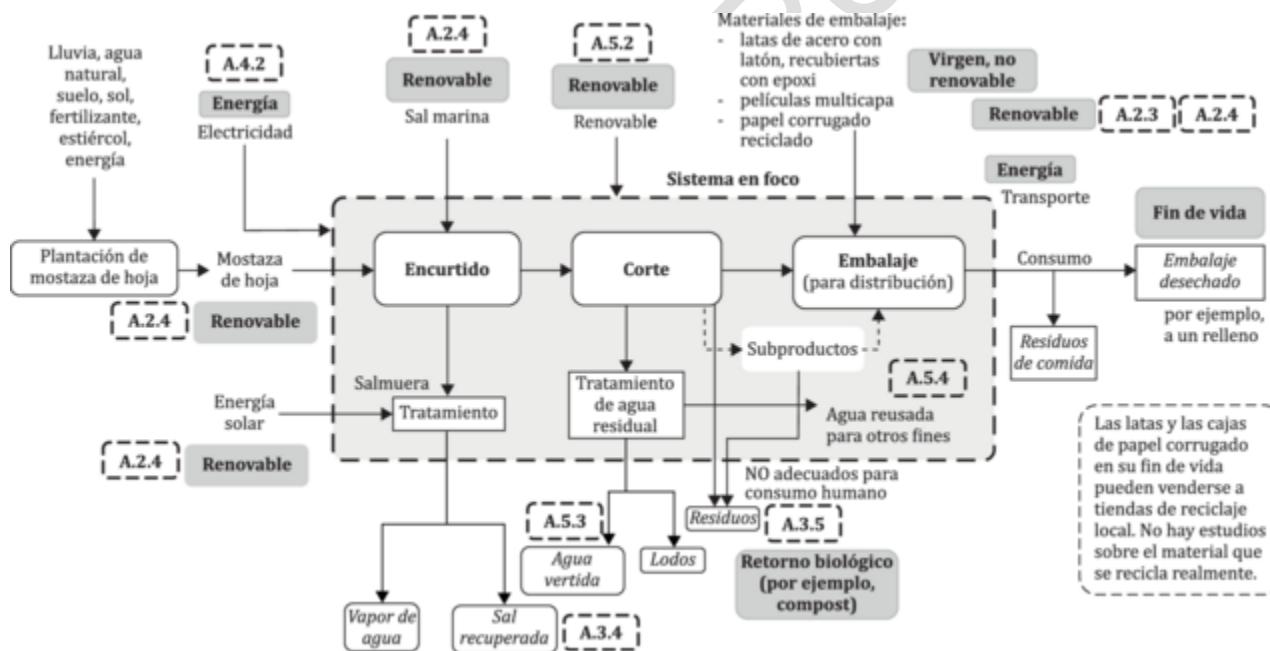
En el lado de los flujos de salida, se pueden identificar varios tipos de salidas. Las botellas de papel pueden ser devueltas al ciclo biológico mediante métodos como el compostaje. Algunos materiales pueden ser reusados fuera del sistema en foco (por ejemplo, para la producción de fibras textiles), algunos materiales pueden ser reciclados (por ejemplo, como productos finales de plástico mixto en alquitrán para carreteras) y habrá materiales que se convierten en flujos de salida no circulares, principalmente materiales que se

envían a rellenos sanitarios. Algunos materiales pueden identificarse como emisiones y vertidos al aire, al mar y a la tierra. Otros flujos de salida incluyen vertidos de agua, algunos de los cuales pueden ser circulares. Algunos materiales pueden ser reusados y reciclados a través de esquemas de devolución de depósitos. Dado que es probable que estos implican organizaciones por fuera del fabricante de envases, como empresas de gestión de residuos para clasificación y recolección y recicladores, este flujo de reciclaje está fuera del sistema en foco.

H.3 Ejemplo de una pequeña empresa alimentaria

La Figura H.2 muestra los flujos de entrada y flujos de salida de recursos para un productor de encurtidos de mostaza verde, siendo una pequeña empresa. Los flujos de entrada incluyen insumos de mostaza verde (renovable), agua (renovable), sal marina (renovable), energía en forma de electricidad y energía solar térmica, y materiales de embalaje renovables (mezcla de papel corrugado) y no renovables (plásticos y latas de acero no renovables).

Figura H.2 — Sistema de producción de encurtidos y límites



Los bulbos frescos de mostaza verde entran en la fábrica una vez al año, durante la temporada de cosecha, y se mantienen en tanques de encurtido durante 3 a 12 meses con salmuera (es decir, sal marina y agua). Ciertas cantidades de encurtidos cocidos o maduros se sacan de los tanques de encurtido diariamente para ser cortados y empaquetados para su distribución y venta. Una vez que un tanque está vacío, la salmuera gastada se envía a un estanque o campo de evaporación natural para su tratamiento. Algunas de las sales recuperadas se venden a vendedores locales.

Durante el proceso de corte, se utiliza agua para el lavado y se trata antes de su vertimiento. Parte del agua recuperada se utilizan dentro de la instalación para otros fines, como la jardinería. Los encurtidos de mostaza verde se producen y empacan en tres tipos de envases primarios, latas de hojalata, bolsas de plástico multicapa verticales y bolsas de plástico multicapa al vacío. Para el embalaje secundario, se utilizan cajas de papel corrugado. Los subproductos del proceso de corte que son aptos para el consumo humano se mantienen en los tanques de encurtido para un (re)procesamiento adicional y su envasado. Los recortes que no son aptos para el consumo humano se secan y se envían a una instalación de compostaje cercana.

Durante la etapa de consumo, los productos alimenticios envasados pueden generar residuos alimentarios y materiales de embalaje de fin de vida como flujos de salida.

H.5 Figuras de límites del sistema

Se ilustran diferentes situaciones de límites del sistema en las Figuras H.4, H.5 y H.6.

Figura H.4 — Flujos de recursos dentro de un sistema

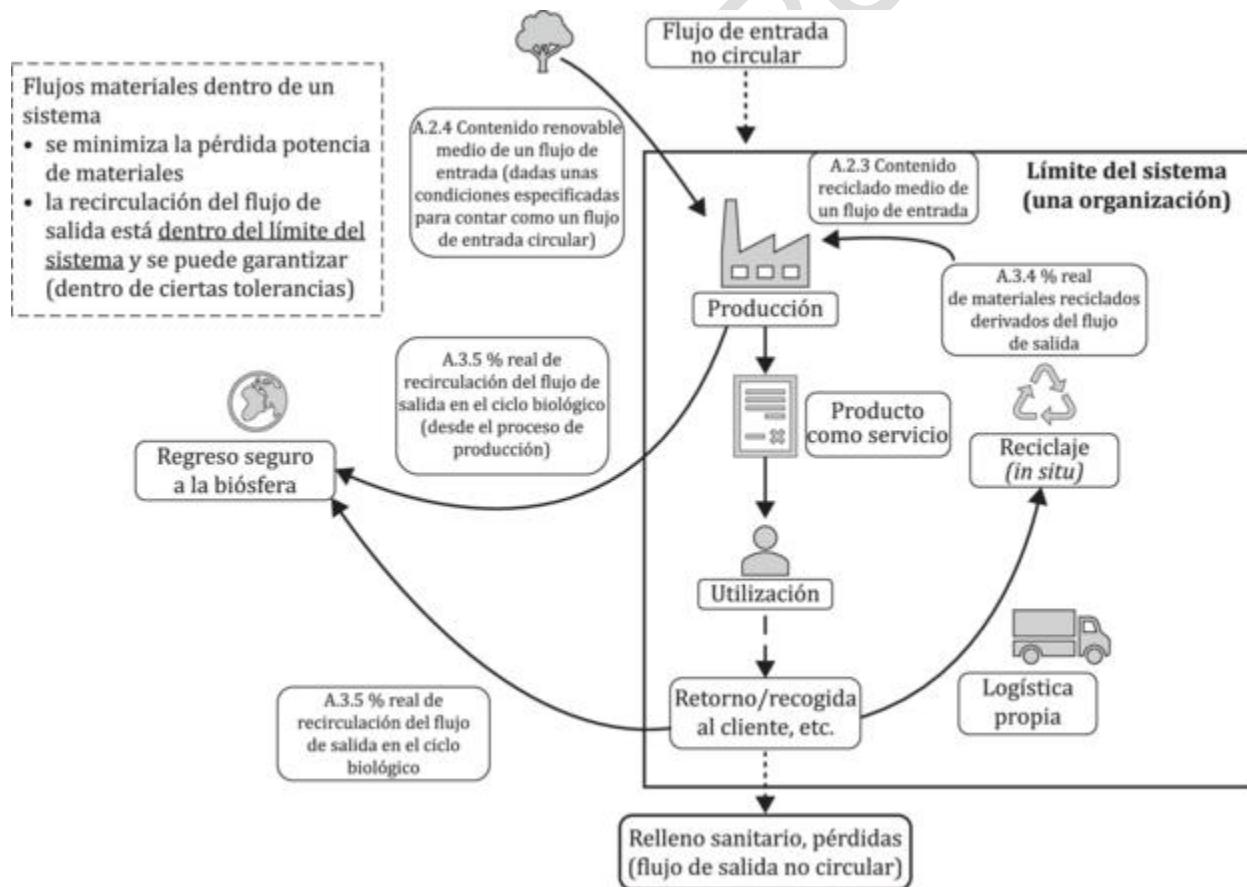


Figura H.5 — Flujos de recursos entre sistemas, no estrechamente vinculados

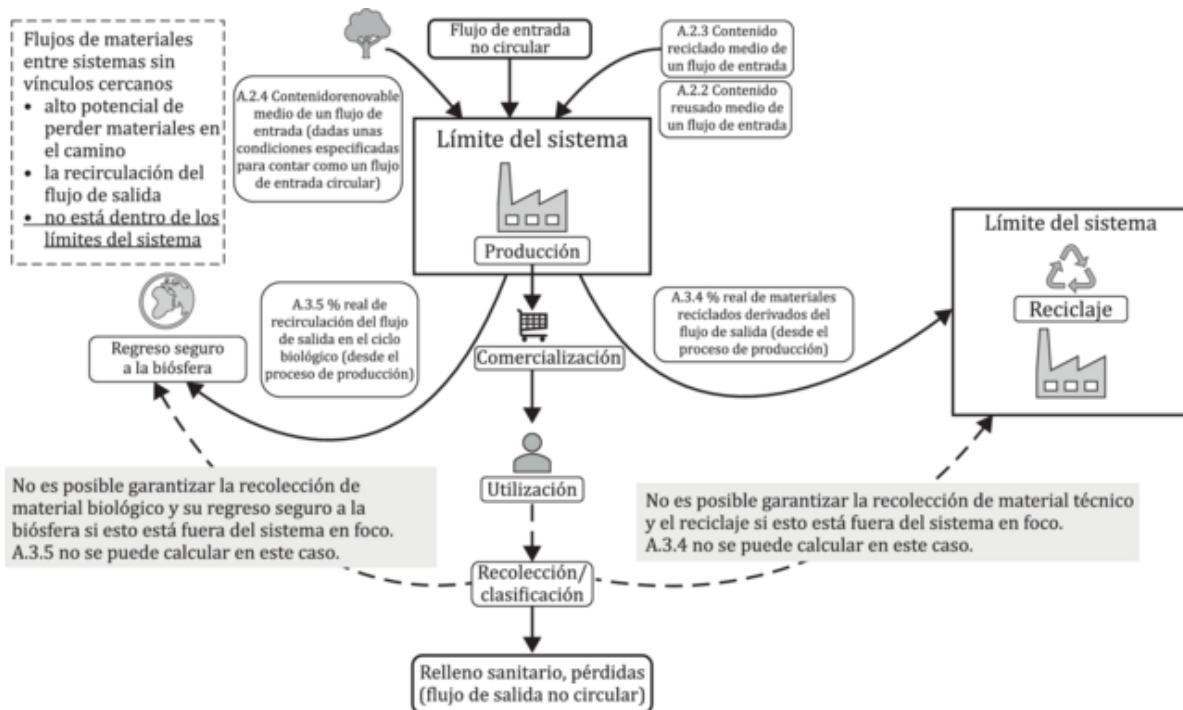
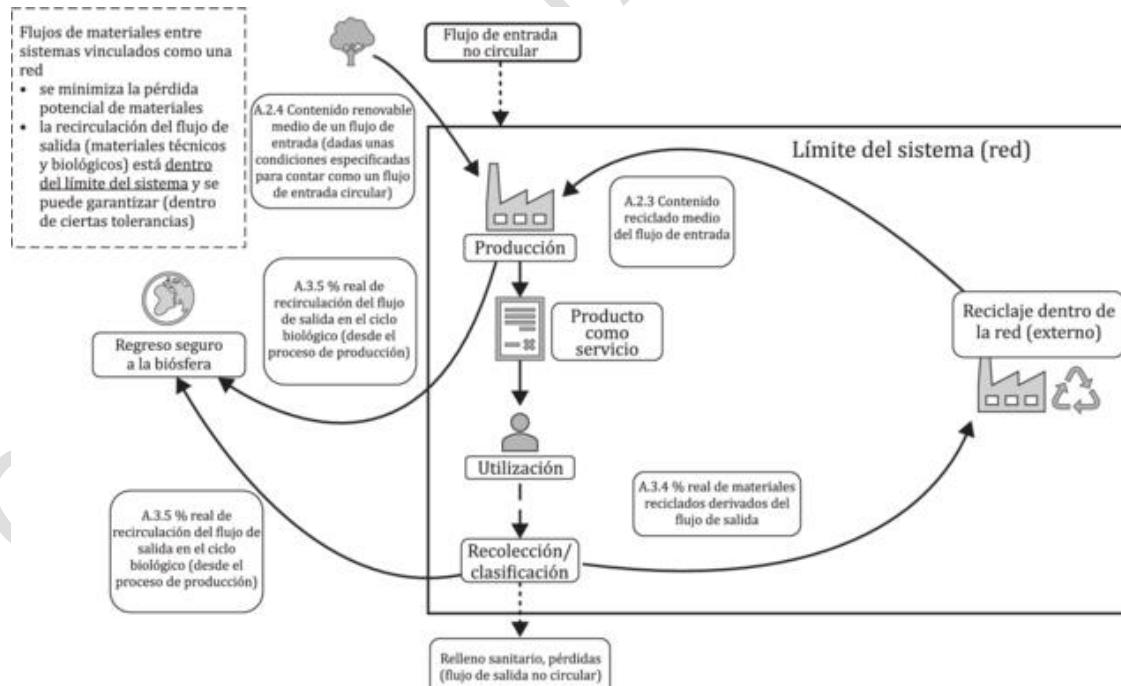


Figura H.6 — Flujo de recursos entre sistemas, vinculados como una red



Bibliografía

- [1] ISO 14001, Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso
- [2] ISO 14007, Gestión ambiental — Directrices para determinar costos y beneficios ambientales
- [3] ISO 14008, Valoración monetaria de los impactos ambientales y aspectos ambientales relacionados
- [4] ISO 14009:2020, Sistemas de gestión ambiental — Directrices para incorporar la circularidad de los materiales en el diseño y desarrollo
- [5] ISO 14020, Declaraciones y programas ambientales para productos — Principios y requisitos generales
- [6] ISO 14021, Etiquetas y declaraciones ambientales — Afirmaciones ambientales autodeclaradas (Etiquetado ambiental tipo II)
- [7] ISO 14025, Etiquetas y declaraciones ambientales — Declaraciones ambientales tipo III — Principios y procedimientos
- [8] ISO/TS 14027, Etiquetas y declaraciones ambientales — Desarrollo de reglas de categoría de producto
- [9] ISO 14033:2019, Gestión ambiental — Información ambiental cuantitativa — Directrices y ejemplos
- [10] ISO 14040:2006, Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia
- [11] ISO 14044, Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices
- [12] ISO 14045, Gestión ambiental — Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto — Principios, requisitos y directrices
- [13] ISO 14046, Gestión ambiental — Huella de agua — Principios, requisitos y directrices
- [14] ISO 14051, Gestión ambiental — Contabilidad de costos del flujo de materiales — Marco de referencia general
- [15] ISO 14053, Environmental management — Material flow cost accounting — Guidance for phased implementation in organizations
- [16] ISO 14067, Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para la cuantificación
- [17] ISO/TS 14071, Environmental management — Life cycle assessment — Critical review processes and reviewer competencies: Additional requirements and guidelines to ISO 14044:2006
- [18] ISO 15270, Plastics — Guidelines for the recovery and recycling of plastics waste

- [19] ISO 15686 (all parts), Buildings and constructed assets — Service life planning
- [20] ISO 17088, Plastics — Organic recycling — Specifications for compostable plastics
- [21] ISO 20245, Cross-border trade of second-hand goods
- [22] ISO 20400, Compras sostenibles — Directrices
- [23] ISO 20915, Life cycle inventory calculation methodology for steel products
- [24] ISO 21931-2:2019, Sustainability in buildings and civil engineering works — Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment — Part 2: Civil engineering works
- [25] ISO 22095, Chain of custody — General terminology and models
- [26] ISO 22447, Industrial wastewater classification
- [27] ISO 26000, Guía de responsabilidad social
- [28] ISO 37101, Sustainable development in communities — Management system for sustainable development — Requirements with guidance for use
- [29] ISO 37120, Sustainable cities and communities — Indicators for city services and quality of life
- [30] ISO 56000, Gestión de la innovación — Fundamentos y vocabulario
- [31] ISO 590144), Environmental management and circular economy — Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials — Principles and requirements
- [32] ISO/TR 590315), Circular economy — Performance-based approach — Analysis of case studies
- [33] ISO/TR 59032, Circular economy — Review of existing value networks
- [34] ISO 590406), Circular economy — Product circularity data sheet
- [35] ISO Guide 82, Guidelines for addressing sustainability in standards
- [36] ISO/IEC 17029, Evaluación de la conformidad — Principios generales y requisitos para los organismos de validación y verificación
- [37] ISO/IEC 29182-2:2013, Information technology — Sensor networks: Sensor Network Reference Architecture (SNRA) — Part 2: Vocabulary and terminology
- [38] IEC/TR 62635, Guidelines for end-of-life information provided by manufacturers and recyclers and for recyclability rate calculation of electrical and electronic equipment
- [39] IEC 82474-17), Material declaration — Part 1: General requirements
- [40] ASTM C926, Standard Specification for Application of Portland Cement-Based Plaster

- [41] ASTM D6400, Standard Specification for Labelling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities
- [42] ASTM E3210, Standard Practice for Infrastructure Management
- [43] ASTM E460, Standard Practice for Determining Effect of Packaging on Food and Beverage Products During Storage
- [44] ASTM F67, Standard Specification for Unalloyed Titanium, for Surgical Implant Applications (UNS R50250, UNS R50400, UNS R50550, UNS R50700)
- [45] EN 45552, General method for the assessment of the durability of energy-related products
- [46] EN 45554, General methods for the assessment of the ability to repair, reuse and upgrade energy-related products
- [47] EN 45555, General methods for assessing the recyclability and recoverability of energy-related products
- [48] EN 45557, General method for assessing the proportion of recycled material content in energy-related products
- [49] European Union. Economy-wide material flow accounts handbook. European Union, 2018
- [50] The Life Cycle Initiative. Position Paper of the Life Cycle Initiative, July 2020
- [51] OECD. Measuring Material Flows and Resource Productivity Volume III. Inventory of Country Activities
- [52] Schroeder, P., Anggraeni, K., Weber, U. The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. Yale University Journal of Industrial Ecology, 2018
- [53] United Nations. Declaration on Human Rights, 1948
- [54] United Nations. Guiding Principles on Business and Human Rights, 2011
- [55] United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, 2015
- [56] United Nations. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. The Brundtland Report. UN, 1987
- [57] United Nations Environment Programme (UNEP). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organisations 2020. UNEP, 2020

1) En preparación. Etapa en el momento de publicación: ISO/FDIS 59014:2024.

2) En preparación. Etapa en el momento de publicación: ISO/DIS 59040:2023.

3) En preparación. Etapa en el momento de publicación: ISO/DIS 82474-1:2023.

4) En preparación. Etapa en el momento de publicación: ISO/FDIS 59014:2024.

5) En preparación. Etapa en el momento de publicación: ISO/CD TR 59031:2021.

6) En preparación. Etapa en el momento de publicación: ISO/DIS 59040:2023.

7) En preparación. Etapa en el momento de publicación: IEC/DIS 82474-1:2023.