



INFORME DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE PRODUCTO

Compumax

Notebook Onix Series

Fecha de realización: Noviembre 2022

Contenido

GLOSARIO.....	4
ACRÓNIMOS.....	5
1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	7
2 ASIGNACIÓN.....	7
3 ALCANCE DEL ESTUDIO	7
3.1 Descripción del producto.....	7
3.2 Unidad funcional y función del sistema	7
3.3 Descripción de las etapas del ciclo de vida	8
3.4 Límites del sistema	8
3.4.1 Cobertura temporal	9
3.4.2 Cobertura tecnológica	9
3.4.3 Cobertura geográfica	9
3.5 Limitaciones y suposiciones.....	10
3.6 Requisitos de calidad de datos	10
4 INVENTARIO DE CICLO DE VIDA.....	11
4.1 Datos por etapas	11
4.1.1 Producción.....	11
4.1.2 Transporte aguas arriba.....	11
4.1.3 Transporte aguas abajo	12
4.1.4 Empaque del producto	12
4.1.5 Uso del producto.....	13
4.1.6 Fin de vida del producto	13
4.2 Entradas y salidas	13
4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	15
4.1 Metodología y categorías de impacto ambiental.....	15
4.2 Resultados	17
4.3 Calentamiento global.....	19
4.4 Consumo de agua.....	20
4.5 Consumo de energía	20
5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	21
6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	22
7 BIBLIOGRAFÍA	22

Fecha de realización	21/11/2022
Fecha de entrega	26/12/2022
Titulo del reporte	Análisis de ciclo de vida (ACV) del Notebook Onix Series para el año 2021
Declaración de responsabilidad	La información de este reporte ha sido compilada y calculada de fuentes creíbles. La aplicación de los datos es estrictamente bajo criterio y responsabilidad del lector, no se asume ningún daño por parte de los autores causado por el uso de la información contenida en este documento.
Equipo del proyecto	Compumax: Claudia Sandoval Aldana (sig@compumax.info) Centro de Formación Sostenible: Jenny Lorena Victoria (contacto@centrodeformacionsostenible.com)
Unidad Funcional	Equipo Notebook Onix
Alcance geográfico	El equipo Notebook Onix Series es ensamblado en las instalaciones de Compumax Computer SAS. Ubicadas en la Carrera 106 15 - 25 Manzana 15 Bodega 99, Bogotá, Colombia. La mayoría de los componentes provienen de China.
Metodología	Análisis de ciclo de vida (ACV) según ISO 14040:2006 y 14044:2006

GLOSARIO

- **CICLO DE VIDA:** Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.
- **ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA:** recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida.
- **ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA ICV:** fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.
- **EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA:** Fase del análisis del ciclo de vida dirigida a conocer y evaluar la magnitud y cuán significativos son los impactos ambientales potenciales de un sistema de producto a través de todo el ciclo de vida del producto.
- **INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA:** fase del análisis del ciclo de vida en la que los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, o de ambos, se evalúan en relación con el objetivo y el alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.
- **SISTEMA DE PRODUCTO:** es el conjunto de etapas que componen el ciclo de vida en estudio. Un sistema puede tener varias funciones y las seleccionadas para el estudio dependen del objetivo y el alcance del ACV.
- **UNIDAD FUNCIONAL:** es la unidad de referencia en la cual se expresan, desde un punto de vista matemático, los datos de entrada y salida.
- **PROCESO:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
- **FLUJO ELEMENTAL:** materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.
- **CO₂ equivalente (CO₂ eq):** Unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno de los 6 gases efecto invernadero, expresado en términos del PCG de una unidad de dióxido de carbono. Se utiliza para evaluar la liberación de diferentes GEI contra un común denominador.
- **EMISIONES:** Liberación de Gases Efecto Invernadero a la atmósfera.
- **FACTOR DE EMISIÓN:** Factor que permite estimar emisiones de GEI a partir de los datos de actividades disponibles (como toneladas de combustible consumido, toneladas de producto producido) y las emisiones totales de GEI.
- **GASES EFECTO INVERNADERO (GEI):** Componentes gaseosos que se encuentran en la atmósfera y su origen es natural y antrópico. Los GEI son los 6 gases que están listados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); hidrofluorocarbonos (HFCs); perfluorocarbonos (PFCs); y hexafluoruro de azufre (SF₆).
- **HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO (HCP):** Es la cantidad de Gases Efecto Invernadero – emitidos a la atmósfera por efecto directo o indirecto de un individuo, organización o evento.
- **POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL - PCG:** Factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado.
- **IPCC:** Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

ACRÓNIMOS

ACV Análisis de ciclo de vida

EICV Evaluación del impacto del ciclo de vida

ICV Análisis del inventario del ciclo de vida

GWP Potencial de calentamiento global

IPCC Panel intergubernamental de cambio climático

CO₂ eq Dióxido de carbono equivalente

RESUMEN

Para cumplir con los criterios de EPEAT y comprender cómo el análisis del ciclo de vida del producto puede ayudar al desarrollo de productos más sostenibles, Compumax ha desarrollado un análisis para su producto Notebook Onix Series. El estudio se realiza de acuerdo con los lineamientos establecidos en las normas ISO 14040 e ISO 14044.

El análisis de ciclo de vida del Notebook Onix contempla desde la extracción de la materia prima hasta el final de la vida útil de los equipos. En el caso de la unidad funcional desarrollada por Compumax, se ha estimado una vida útil de 5 años, con un consumo asociado al calculado para la certificación Energy Star.

Este estudio se ha realizado tomando como base el año 2021 y considerando que las materias primas provienen listas desde China y son ensambladas en Colombia.

El estudio incluye la evaluación del índice de calentamiento global, una categoría de impacto basada en el método de evaluación del IPCC, robusta y aceptada ampliamente por la comunidad científica mundial. Además, el estudio incluye otros indicadores de impacto ambiental, así como el consumo de energía primaria y el consumo de agua, en línea con los requisitos establecidos en el criterio 4.8.1.1 de la IEEE 1680.1-2018.

Del análisis de los datos se concluye que la mayor parte del impacto del ciclo de vida del producto se deriva de la fabricación de sus componentes seguido del uso del mismo.

1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El estudio tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales potenciales del ciclo de vida del equipo Notebook Onix Series con el fin de obtener la ecoetiqueta EPEAT. Los resultados del estudio serán publicados a los consumidores y no están previstos para realizar aseveraciones comparativas de carácter público.

2 ASIGNACIÓN

Se toma la asignación de la base de datos Ecoinvet 3.8 disponible en <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/data-releases/ecoinvent-3-8/#1610466712317-fe0cb20b-4740>

3 ALCANCE DEL ESTUDIO

3.1 Descripción del producto

El equipo Notebook Onix Series (Fig. 1) tiene como características principales:



Fig 1. Unidad funcional

El Notebook Onix Series es ensamblado en Colombia, sus componentes provienen de China y su disco duro de Estados Unidos.

Los principales componentes del equipo se describen en el capítulo 3.2. Las demás características del equipo pueden verse en el Anexo 1 “Manual Usuario Onix Series”.

3.2 Unidad funcional y función del sistema

La unidad funcional es 1 unidad Notebook Onix Series y su vida útil es de 5 años. El consumo medio de esta unidad, según certificaciones Energy Star, es de 21,28 kWh/año.

El sistema de producto bajo estudio tiene la función de cumplir tareas comunes de la informática moderna, es decir, permite navegar por Internet, estudiar, escribir textos y realizar otros trabajos

de oficina o educativos, como editar textos y bases de datos, además de actividades de ocio, como escuchar música, ver videos, jugar, etc.

3.3 Descripción de las etapas del ciclo de vida

Las etapas del ciclo de vida del producto contemplan una unidad funcional que luego de ser desarrollada tendrá una vida útil aproximada de 5 años. Fig. 2.

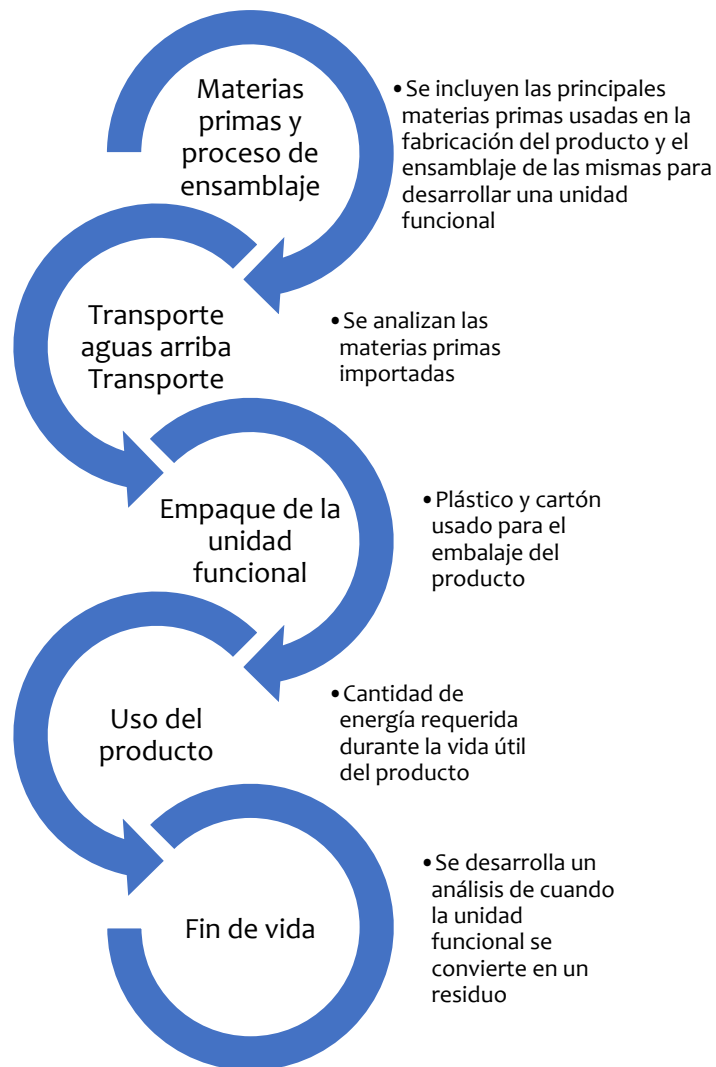


Fig. 2. Etapas del ciclo de vida

3.4 Límites del sistema

El estudio incluye:

- Materiales
- Proceso de ensamblaje
- Empaque
- Transporte aguas arriba y aguas abajo
- Uso del producto
- Disposición final del producto

Se excluye:

- Repuestos usados durante la vida útil de la unidad funcional
- Reusó de partes
- Producción de bienes de capital (fábricas, etc.)

La razón por la que se han realizado las exclusiones es que no se dispone de la información suficiente sobre la recuperación de materiales y reúso en la zona de estudio. Se ha estimado que el impacto al final de la vida útil del producto, así como la infraestructura, es menor, comparado con las etapas de obtención y producción de materias primas. Adicionalmente, se asume un criterio de corte que aquellos productos que representan menos de un 2% de la masa total como stickers y pequeños tornillos quedarán excluido del estudio.

3.4.1 Cobertura temporal

Los datos tomados para el presente inventario corresponden a los del año 2021.

3.4.2 Cobertura tecnológica

Este estudio evalúa los impactos del producto desde la extracción de la materia prima hasta el final de la vida del producto basado en una combinación global de producción y tecnología. Los datos relativos a la producción primaria han sido recogidos a través de Compumax y sus colaboradores. Los datos asociados a equivalencias u otras estimaciones han sido recogidos de organismos oficiales o bases de datos certificadas por terceros.

3.4.3 Cobertura geográfica

El producto es ensamblado en Colombia y los materiales para su fabricación provienen en su mayoría de China. Por tanto, los datos para evaluar el impacto generado por el consumo de energía eléctrica por el ensamblado son de Colombia, la información de materias primas y otros procesos se relacionan con promedios mundiales establecidos por la base de datos Ecoinvent 3.8. Para el uso y la disposición final del producto se hace un análisis de la unidad funcional en Bogotá Colombia, por ello, factores de emisión y distancias recorridas se relacionan a la locación evaluada.

3.5 Limitaciones y suposiciones

Las siguientes suposiciones fueron consideradas:

- En la planta el 90% de producción corresponde a el ensamblaje de la unidad funcional, por ello, para estimar datos globales se toma siempre como referencia dicho valor respecto al total.
- El consumo de energía eléctrica en el proceso de ensamble corresponde a la relación entre la energía total consumida por la planta y la producción total de las unidades funcionales.
- El consumo de agua en el proceso de ensamble corresponde principalmente a la gestión administrativa, este se calcular a partir de la cantidad total de agua consumida por la planta y la producción total de las unidades funcionales, teniendo como año de referencia el 2021.
- Para el proceso de ensamblaje no se tienen en cuenta perdidas por transmisión y distribución de la energía consumida.
- Para la producción de materias primas, incluido el empaque, se usaron datos globales de Ecoinvent 3.8
- Para la etapa de uso del producto se tiene en cuenta la vida útil promedio de la unidad funcional y sus respectivos consumos de energía eléctrica.

3.6 Requisitos de calidad de datos

Los datos de uso de energía y agua se tomaron de fuentes directas proporcionadas por Compumax. Mientras que los datos de componentes y transportes provienen de fuentes secundarias con un máximo de 10 años de antigüedad.

La calidad de los datos se evaluó con base en los siguientes criterios:

- **Precisión:** se refiere a las fuentes de datos, métodos de adquisición y métodos de verificación. Datos fiables son aquellos que se han verificado y medido directamente en terreno. El Criterio está relacionado con la cuantificación del flujo. Para los de uso directo de agua y energía la precisión es alta cuando provienen de medidores. Para el resto de datos la calidad es alta cuando son datos cuantificados en el inventario de la empresa.
- **Integridad:** representa la exhaustividad de los datos recolectados. Los datos son completos cuando todos los elementos necesarios para realizar una actividad son cuantificados. Se considera que los datos son altamente íntegros cuando se incluyen todos los datos importantes en la categoría o tipo de dato.
- **Representatividad:** evalúa la correlación geográfica y tecnológica (reflejan los datos de la realidad). Los datos directos son altamente representativos por sí mismos, pues son tomados del mismo proceso. Los datos de uso indirecto se evalúan según la representatividad del set de datos usado para modelarlos. La representatividad tecnológica es alta cuando la tecnología del set de datos usado es la misma que la de la producción del insumo utilizado. La representatividad geográfica es alta cuando el set de datos proviene de la misma región de donde se produce el insumo modelado.

- **Consistencia:** evalúa si la metodología del estudio se aplica de la misma manera para todos los datos.
- **Reproducibilidad:** evalúa si la información acerca de los datos y el método utilizado permite producir los resultados del estudio.
- **Incertidumbre:** entrega una evaluación cualitativa de la incertidumbre de los datos.

La evaluación de calidad de datos varía entre Alto, Suficiente, Medio y Bajo. La tabla 1 muestra la evaluación de la calidad de los datos del estudio.

Tabla 1. Criterios para calificación cualitativa de confiabilidad/precisión de datos

Alta	Los datos cumplen con el criterio requerido de confiabilidad/precisión para el caso bajo consideración. Esto significa que es un dato medido y proporcionado directamente por la empresa.
Suficiente	Datos verificados por suposiciones o mediciones no auditadas (documentos proporcionados por personal de empresa o literatura)
Media	Datos no auditados basados en suposiciones o estimaciones de un experto. Se considera que este tipo de datos puede usarse pero su confiabilidad/precisión puede ser mejorada.
Baja	Datos estimados sin base sólida. Estos datos no cumplen con el criterio requerido de confiabilidad/precisión para el caso bajo consideración.

4 INVENTARIO DE CICLO DE VIDA

4.1 Datos por etapas

Para realizar la evaluación de impactos y la interpretación de resultados del ACV se ha dividido el ciclo de vida del producto en 6 etapas: producción, transporte aguas arriba, transporte aguas abajo, empaque, uso y fin de vida.

4.1.1 Producción

Corresponde a la obtención de materias primas y producción del computador. Se tomaron datos del consumo de energía de la planta en donde se ensamblaba la unidad funcional, haciendo una relación entre la producción neta y el consumo de energía. Por otra parte, los datos de los componentes ensamblados, incluido el empaque, provienen de la base de datos de Ecoinvent 3.8

4.1.2 Transporte aguas arriba

El transporte aguas arriba se refiere a todo el transporte de los materiales a ensamblar provenientes desde China hasta Colombia. Para el análisis de esta etapa se contemplan las distancias de la tabla 2:

Tabla 2. Distancias transporte aguas arriba

Detalle trayecto	Tipo de transporte	Distancia km	Locación – Ecoinvent	Fuente de datos de la distancia
Transporte de planta a puerto (promedio)	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	20	Promedio mundial	Promedio de la ciudad de recorrido en la ciudad de Bogotá
Puerto a puerto (Shangai - Buenaventura)	Transporte de carga marítimo en container	16.800	Promedio mundial	Sea Distance
Puerto a planta (Buenaventura - Bogotá)	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	505	Promedio mundial	Google maps

4.1.3 Transporte aguas abajo

El transporte aguas abajo relaciona la distancia que recorre la unidad funcional desde el punto donde se ensambla. En la tabla 3 se relacionan los recorridos planteados teniendo en cuenta que el producto se distribuye en la misma ciudad donde se ensambla y se realizará su disposición final.

Tabla 3. Distancias transporte aguas abajo

Detalle trayecto	Tipo de transporte	Distancia km	Fuente de datos de la distancia
Planta - sitio de distribución	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	15	Promedio de recorrido de una ciudad grande
Sitio de distribución - usuario final	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	15	Promedio de recorrido de una ciudad grande
Sitio de uso final - disposición final	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	15	Promedio de recorrido de una ciudad grande

4.1.4 Empaque del producto

Para evaluar el empaque con el cual se distribuye la unidad funcional se calcularon datos promedios para el peso de una caja de cartón y el plástico usado para empacar una computadora.

4.1.5 Uso del producto

Para evaluar el consumo de energía del producto durante su vida útil se tomó como referencia un lapso de 5 años. Según los datos suministrados por la certificación Energy Star se estimó un consumo anual calculado con la ecuación de la Fig. 3.

$$E_{TEC} = \frac{8760}{1000} \times (P_{OFF} \times T_{OFF} + P_{SLEEP} \times T_{SLEEP} + P_{LONG_IDLE} \times T_{LONG_IDLE} + P_{SHORT_IDLE} \times T_{SHORT_IDLE})$$

Where:

- P_{OFF} = Measured power consumption in Off Mode (W);
- P_{SLEEP} = Measured power consumption in Sleep Mode (W);
- P_{LONG_IDLE} = Measured power consumption in Long Idle Mode (W);
- P_{SHORT_IDLE} = Measured power consumption in Short Idle Mode (W); and
- T_{OFF} , T_{SLEEP} , T_{LONG_IDLE} , and T_{SHORT_IDLE} are mode weightings as specified in Table 4 (for Desktops, Integrated Desktops, and Thin Clients) or Table 5 (for Notebooks).

Fig. 3. Ecuación E_{TEC} ¹

La tabla 4 muestra los datos utilizados y el resultado del consumo de energía eléctrica por los 5 años de vida de la unidad funcional para 4 escenarios (off, sleep, long_idle y short_idle) de estados del computador, según el porcentaje de tiempo de uso (25, 35, 10 y 30). Los datos de uso promedio son tomados de Energy Star.

Tabla 1. Datos para calcular el consumo de energía eléctrica

Estado del computador	Tiempo de uso	Energía (Watts)	E_{TEC} (kWh/año)	Consumo en 5 años (kWh)
off	25%	0,3	0,657	3,285
sleep	35%	0,7	2,1462	10,731
long_idle	10%	3,4	2,9784	14,892
short_idle	30%	5,9	15,5052	77,526
Total			21,2868	106,434

4.1.6 Fin de vida del producto

Se toma como referencia el dato de la masa del computador para analizar el impacto que genera como residuo electrónico.

4.2 Entradas y salidas

Las entradas y salidas del sistema de producto correspondientes a las etapas de producción y disposición final se muestran en la tabla 4 y 5, respectivamente.

¹<https://www.energystar.gov/sites/default/files/ENERGY%20STAR%20Computers%20Final%20Version%207.0%20Specification.pdf>

Tabla 2. Entradas al sistema

Flujo	Propiedad	Unidad	Cantidad	Fuente de información
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer	Mass	kg	0.300	Ecoinvent 3.8
aluminium, cast alloy	Mass	kg	0.140	
aluminium, wrought alloy	Mass	kg	0.280	
battery, Li-ion, NCA, rechargeable, prismatic	Mass	kg	0.333	
cable, connector for computer, without plugs	Length	m	0.150	
copper, cathode	Mass	kg	0.031	
electricity, medium voltage	Energy	kWh	0.163	
extrusion, plastic pipes	Mass	kg	0.463	
fan, for power supply unit, desktop computer	Mass	kg	0.021	
flat glass, coated	Mass	kg	0.015	
flat glass, coated	Mass	kg	0.007	
integrated circuit, logic type	Mass	kg	0.011	
integrated circuit, memory type	Mass	kg	0.012	
liquid crystal display, unmounted, mobile device	Mass	kg	0.428	
magnesium-alloy, AZ91, diecast	Mass	kg	0.067	
photovoltaic cell factory	Number of items	Item(s)	0.000	
plug, inlet and outlet, for computer cable	Number of items	Item(s)	1.000	
polycarbonate	Mass	kg	0.163	
power adapter, for laptop	Number of items	Item(s)	0.742	
printed wiring board, mounted mainboard, laptop computer, Pb free	Mass	kg	0.168	
section bar extrusion, aluminium	Mass	kg	0.420	
sheet rolling, aluminium	Mass	kg	0.067	
sheet rolling, copper	Mass	kg	0.031	
sheet rolling, steel	Mass	kg	0.061	
steel, chromium steel 18/8, hot rolled	Mass	kg	0.061	
tap water	Mass	kg	1620.000	

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

Tabla 3. Salidas del sistema

Flujo	Propiedad	Unidad	Cantidad	Fuente de información
Notebook Onix	Number of items	Item(s)	1	Ecoinvent 3.8
used cable	Mass	kg	0.068	
used laptop computer	Mass	kg	2.038	
wastewater, unpolluted	Volume	m3	1.509	
wastewater, unpolluted	Volume	m3	0.012	
Water	Volume	m3	0.099	

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

Para el transporte se tiene en cuenta únicamente como entrada el transporte de la masa de la unidad funcional desde china hasta la planta ubicada en Bogotá Colombia. Para la etapa de uso considera la energía que consume el equipo durante 5 años.

El resumen de entradas y salidas del sistema en general se resume en la tabla 6 (entradas) y 7 (salidas)

Tabla 4. Entradas al sistema general

Flujo	Propiedad	Unidad	Cantidad
Partes sin ensamblar	Number of items	Item(s)	1
Consumo de energía	Duration	d	1825
transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3	Goods transport (mass*distance)	t*km	0.6777
transport, freight, sea, container ship	Goods transport (mass*distance)	t*km	22.379

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

Tabla 5. Salidas del sistema general

Flujo	Propiedad	Unidad	Cantidad
Notebook Onix Series	Number of items	Item(s)	1
Waste, solid	Mass	kg	0.0046

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

4.1 Metodología y categorías de impacto ambiental

El método de evaluación de impactos usado en este estudio es ReCiPe Mindpoint, la base de datos utilizada es Ecoinvent 3.8 y el software mediante el cual se obtuvieron los resultados es OpenLCA.

El método de ReCiPe Mindpoint permite además de conocer la huella de carbono del producto, otras 17 categorías de impactos (Fig. 4) que genera la unidad funcional, adicionalmente para conocer el consumo de energía en MJ se utilizó el método de CML.

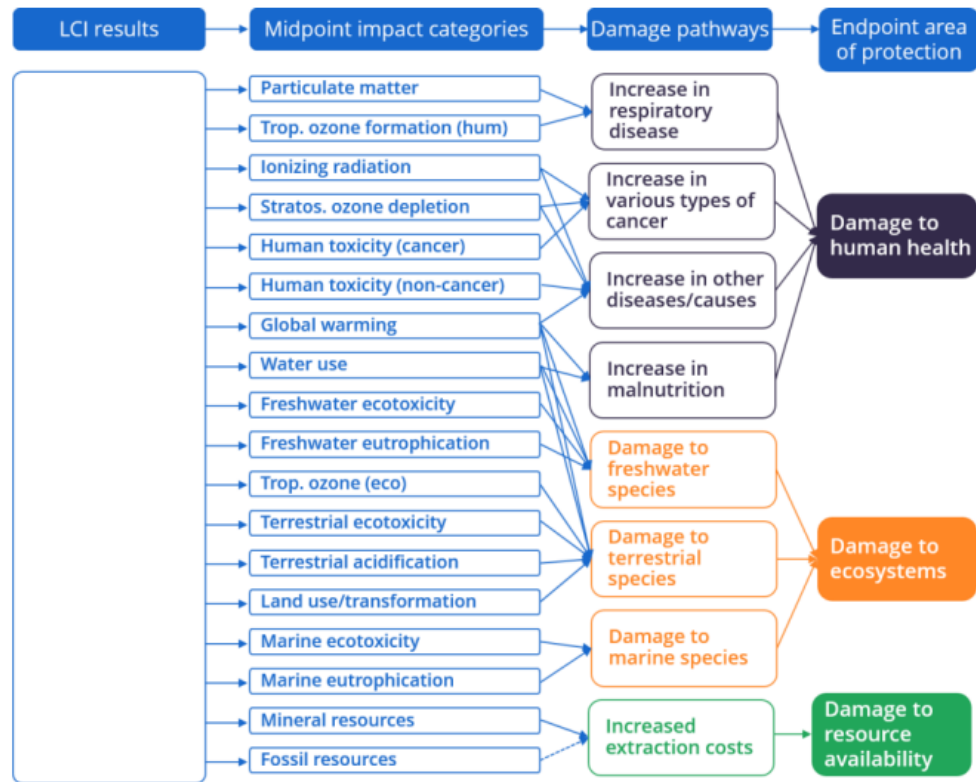


Fig. 4. Metodología ReCiPe

4.2 Resultados

La tabla 6 presenta los resultados de la evaluación de impactos para cada una de las etapas del ciclo de vida del producto.

Tabla 6. Resultado de la evaluación de impactos del equipo

Categoría de impacto	Unidad	Producción computador	Transporte aguas arriba	Transporte aguas abajo	Empaque	Uso del computador	Fin de vida del computador	Resultado
Formación de partículas finas	kg PM2.5 eq	3,76E-01	1,58E-03	1,32E-05	1,18E-03	5,02E-03	1,46E-04	0,3835
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	4,24E+01	1,06E-01	3,60E-03	4,39E-01	7,18E-01	1,71E-02	43,6490
Ecotoxicidad en agua dulce	kg 1,4-DCB	6,49E+01	4,22E-03	2,08E-04	2,95E-02	1,30E-01	4,15E-03	65,0255
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	1,56E-01	1,64E-05	7,96E-07	2,13E-04	6,76E-04	3,39E-05	0,1574
Calentamiento global	kg CO2 eq	1,72E+02	3,39E-01	1,06E-02	8,46E-01	1,34E+01	1,21E-02	186,4377
Toxicidad cancerígena humana	kg 1,4-DCB	1,60E+01	1,46E-02	4,27E-04	3,73E-02	1,23E-01	4,01E-03	16,1868
Toxicidad humana no cancerígena	kg 1,4-DCB	1,00E+03	1,16E-01	7,32E-03	7,08E-01	1,67E+00	1,17E-01	1.002,3464
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	1,67E+01	4,18E-03	1,69E-04	4,24E-02	9,83E-03	8,03E-03	16,7282
Uso del suelo	m2a crop eq	2,53E+00	5,47E-03	4,14E-04	4,06E-02	4,62E-03	1,31E-03	2,5850
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	8,51E+01	7,08E-03	3,74E-04	3,93E-02	1,64E-01	5,96E-03	85,2804

Categoría de impacto	Unidad	Producción computador	Transporte aguas arriba	Transporte aguas abajo	Empaque	Uso del computador	Fin de vida del computador	Resultado
Eutrofización marina	kg N eq	3,73E-02	1,72E-06	7,47E-08	5,57E-05	4,56E-05	2,47E-06	0,0374
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	3,89E+00	6,75E-04	2,07E-05	1,34E-03	4,27E-03	2,28E-04	3,8977
Formación de ozono, Salud humana	kg NOx eq	4,32E-01	5,04E-03	4,75E-05	1,74E-03	5,67E-03	1,44E-04	0,4451
Formación de ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	4,41E-01	5,08E-03	4,84E-05	1,84E-03	5,75E-03	1,46E-04	0,4538
Agotamiento del ozono estratosférico	kg CFC11 eq	8,45E-05	2,05E-07	4,71E-09	3,45E-07	1,76E-06	2,68E-08	0,0001
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	6,86E-01	4,80E-03	3,10E-05	2,35E-03	1,53E-02	2,30E-04	0,7091
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	1,63E+03	2,70E+00	1,83E-01	1,78E+00	4,77E+00	1,35E+00	1.638,6987
Consumo de agua	m3	2,03E+00	3,71E-04	1,80E-05	7,04E-03	7,70E-02	5,08E-04	2,1151
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	1,80E+03	4,56E+00	1,55E-01	2,00E+01	3,01E+01	7,29E-01	1.858,3896

4.3 Calentamiento global

La huella de carbono de la unidad funcional es de 186,43 kg CO₂ eq. La etapa de producción del computador es la que más aporta a la carga ambiental, con un total de 92,14% del total, seguido de la etapa de uso, con un 8,37%. Fig. 5. La Tabla 7 muestra los resultados para cada etapa y el total de la huella de carbono.

Tabla 7. Calentamiento global

Impacto ambiental	Etapas	Resultado (kg CO ₂ eq)	Resultado total (kg CO ₂ eq)
Calentamiento global	Producción computador	171,82	186,44
	Transporte aguas arriba	0,34	
	Transporte aguas abajo	0,01	
	Empaque	0,85	
	Uso del computador	13,41	
	Fin de vida del computador	1,21E-02	

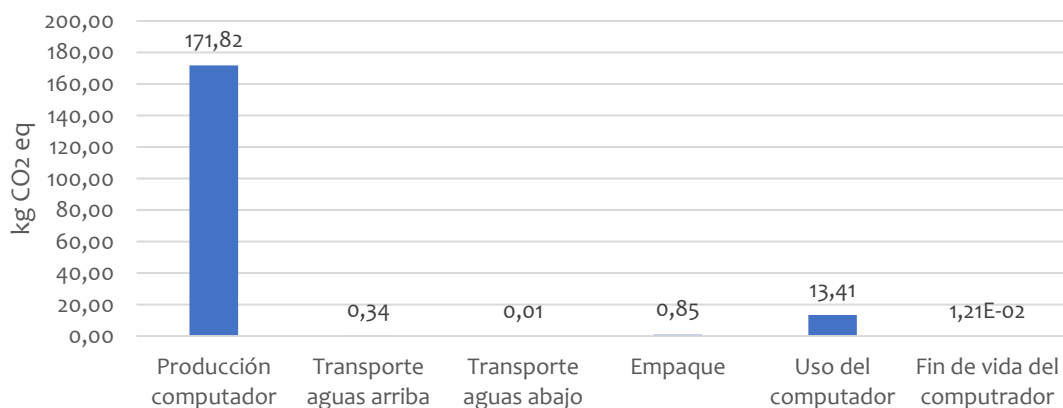


Fig. 5. Huella de carbono del producto por etapas

4.4 Consumo de agua

El consumo de agua total del producto es de 2,11 m³. La etapa de producción del computador es la más significativa (96,2% del total), seguido por la fase de uso del computador (3,64%). El consumo de agua por etapas puede verse en la tabla 8. Fig. 6.

Tabla 8. Consumo de agua

Impacto ambiental	Etapas	Resultado (m ³)	Resultado total (m ³)
Consumo de agua	Producción computador	2,03	2,12
	Transporte aguas arriba	3,71E-04	
	Transporte aguas abajo	1,80E-05	
	Empaque	7,04E-03	
	Uso del computador	7,70E-02	
	Fin de vida del computador	5,08E-04	

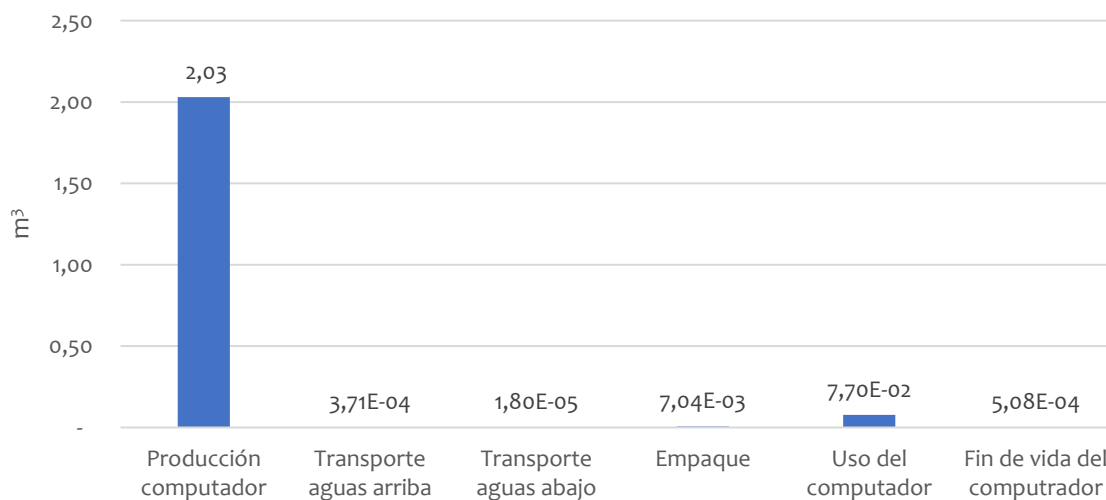


Fig. 6. Consumo de agua por etapas

4.5 Consumo de energía

El consumo de energía del ciclo de vida del producto es de 1.858 MJ de los cuales un 97,03% se asocian con la producción del computador, seguido del uso con un 1,62% y el embalaje con un 1.05%. Fig. 7. Los consumos de energía por etapas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Consumo de energía

Impacto ambiental	Etapas	Resultado (MJ)	Resultado total (MJ)
Energía	Producción computador	1802,85	1.858,39
	Transporte aguas arriba	4,56	
	Transporte aguas abajo	0,16	
	Empaque	19,95	
	Uso del computador	30,15	
	Fin de vida del computador	0,73	

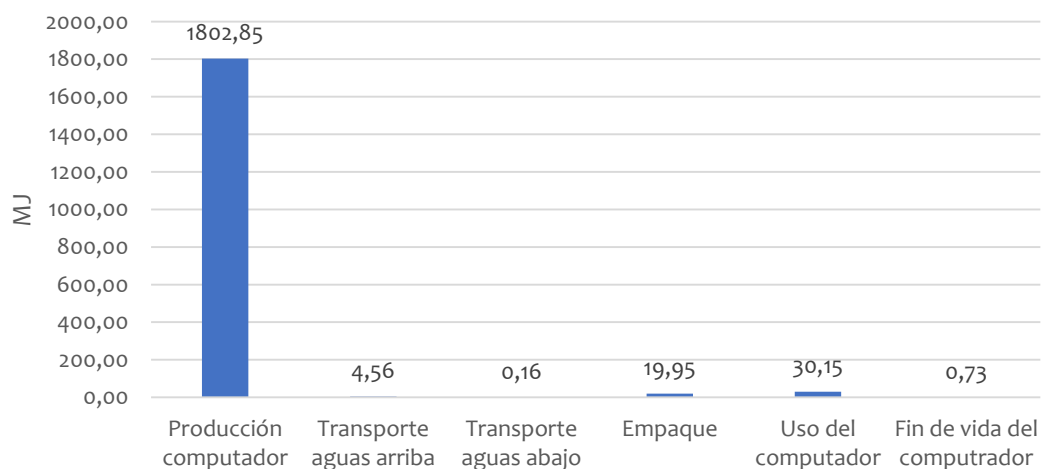


Fig. 7. Consumo de energía

5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El estudio fue realizado con datos de promedios globales de la base de datos, para poder realizar una comparación se hace una evaluación de los plásticos y metales si estos fuesen desarrollados en China, los resultados generales para solo la variable de calentamiento global se presentan en la tablas 10.

Tabla 10. Resultados análisis de sensibilidad

Etapas	Promedio global	Plásticos y metales de china	Variación
Producción computador	171,82	171,63	0,11%
Transporte aguas arriba	0,34	0,34	0,00%
Transporte aguas abajo	0,01	0,01	0,00%
Empaque	0,85	0,85	0,00%

Etapa	Promedio global	Plásticos y metales de china	Variación
Uso del computador	13,41	13,41	0,00%
Fin de vida del computador	0,01	0,01	0,00%
Total	186,44	186,25	0,10%

Se observa que en la única etapa en donde existe variación es en la producción del computador. Esto puede deberse a que es en esta etapa en la cual se considera el plástico y el metal procesado en China. Comparando los resultados se puede identificar que hay una diferencia de un 0,1% en la etapa de producción, teniendo un mayor impacto el promedio global vs lo contemplado únicamente para China. Sin embargo, Compumax aún no tiene rastreado si los plásticos y los metales efectivamente son procesados en China, por ello, los resultados se consideran con el valor del promedio global dado a que es más conservador.

6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La producción del Notebook Onix Series es la etapa que mayores impactos ambientales potenciales genera a lo largo del ciclo de vida del producto en todas las categorías de impacto evaluadas. En el caso de la huella de carbono esta etapa representa el 92% comparado con el resto de etapas del ciclo de vida. Para el consumo de agua y energía, el porcentaje que esta etapa representa respecto al resto de etapas es mayor al 95%. Mientras que la etapa de uso para las categorías de impacto de huella de carbono, consumo de agua y energía representa menos del 10%. Las medidas de mejora ambiental, entre ellas la eficiencia energética e hídrica, deberían de ser implementadas desde el diseño del producto para lograr reducir los impactos ambientales en la etapa de producción, principalmente. Por su parte, establecer medidas de mejora para la reducción del consumo de agua y de energía directo ayudará a reducir la huella de carbono y de agua de la fábrica donde se ensamblan los componentes.

Por último, se recomienda al fabricante aplicar el ecodiseño para evaluar los impactos ambientales potenciales de los componentes que se ensamblan en la fábrica para evaluar alternativas de materiales que generen menores impactos. Así mismo, se recomienda conocer con mayor exactitud el origen de los materiales, el tipo de material y su tratamiento y disposición final con el fin de lograr obtener información más precisa para futuros estudios.

7 BIBLIOGRAFÍA

ISO. (2006). ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva: International Organization for Standardization.

UNE-EN ISO 14040:2006 Environmental management. Life Cycle Analysis. Principles and reference framework

UNE-EN ISO 14064-1:2019 Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance, at the organization level, for the quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals

UNE-EN ISO 14067:2019 Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification

UNE-EN 16258:2013 Methodology for the calculation and declaration of energy consumption and greenhouse gas emissions in transport services (freight and passenger transport)

IEEE 1680.1 (2018) IEEE Standard for Environmental and Social Responsibility Assessment of Computers and Displays

Energy Star, E. (n.d.). ENERGY STAR ® Program Requirements for Computers Partner Commitments. Retrieved November 12, 2022, from www.energystar.gov/partners