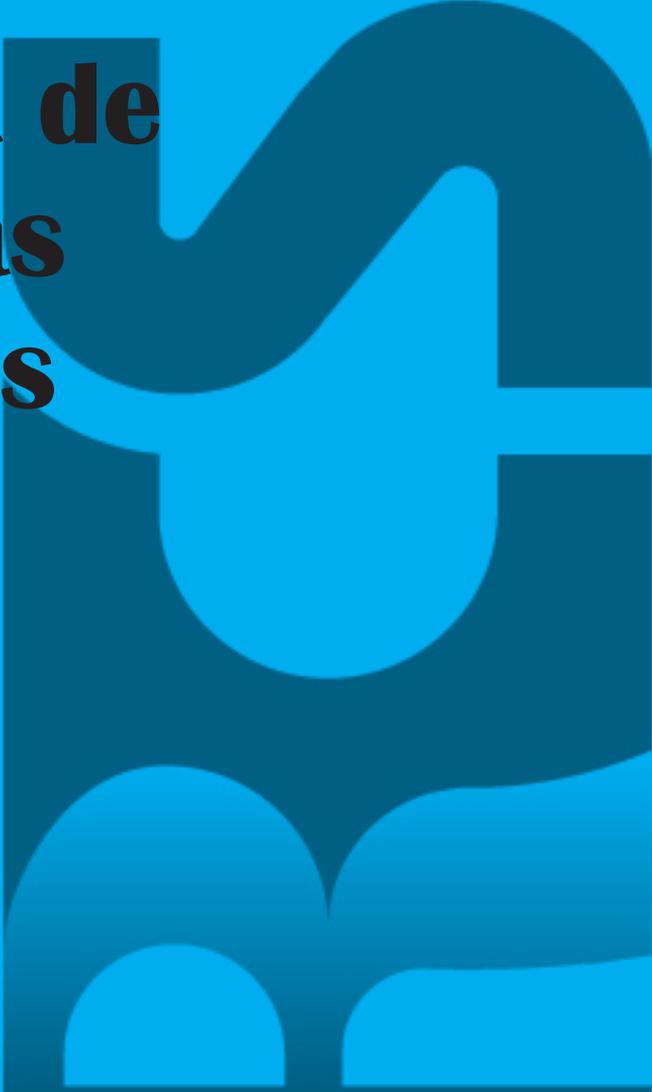


# Revista de Ciencias Sociales



# Economía circular en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Oblitas Cruz, Jimy Frank\*

Sangay Terrones, Max Edwin\*\*

Rojas de la Puente, Edward Enrique\*\*\*

Castro Silupu, Wilson Manuel\*\*\*\*

## Resumen

Actualmente el uso de recursos naturales, el desafío de leyes y sostenibilidad ambiental, así como la gestión de residuos, recibe una atención considerable. La investigación plantea como objetivo analizar la economía circular como una estrategia en el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, a través de un estudio descriptivo, no experimental, considerando las computadoras portátiles desechadas en una universidad. El estudio se llevó a cabo en dos etapas: La primera, una propuesta de producto remanufacturado donde se examinó la potencialidad de las partes de computadoras portátiles para ser recicladas en base a 110 equipos reciclados; la segunda, una estrategia de negocio basada en la economía circular, con la finalidad de identificar la percepción de la oferta de computadoras remanufacturadas, para ello se diseñó una herramienta validada por expertos, la cual fue aplicada a 367 estudiantes universitarios. Como resultado, se determinó la relación entre el nivel socioeconómico y la aceptación de computadores personales remanufacturados, encontrándose correlaciones significativas. Se concluye, que la economía circular estudiada es una alternativa adecuada de gestión de desechos de partes de computadoras, además se observó una percepción positiva a este tipo de productos de acuerdo a las necesidades de computo de los usuarios.

**Palabras clave:** Economía circular; computadoras portátiles; residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; factores de emisión; costo de recolección de residuos.

---

\* Doctor(c) Magister en Ciencias. Especialización en Administración de Operaciones. Ingeniero Agroindustrial. Gestionando el Centro de Investigación e Innovaciones para la Agroindustria Peruana de la Universidad Privada del Norte, Perú. E-mail: jimy.oblitas@upn.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7652-6672>

\*\* Magister en el área de Ciencia de los Alimentos y Gestión de Calidad y Mejora Continua. Ingeniero Agroindustrial. Docente Investigador de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. E-mail: msangay@unc.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5172-1110>

\*\*\* Doctor en Administración de la Educación. Magister en Lectura y Escritura (Universidad Nacional de Carabobo, Venezuela). Licenciado en Lengua y Literatura. Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. E-mail: edward.rojas@untrm.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9026-1244>

\*\*\*\* Doctor en Tecnología de Alimentos. M.Sc. Licenciado en Ciencias e Ingeniería de la Alimentación. Profesor Investigador senior en el Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte, Perú. E-mail: wilson.castro@upn.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7286-1262>

# *Circular economy in electrical and electronic devices waste*

## **Abstract**

Currently, the use of natural resources, the challenge of laws and environmental sustainability, as well as waste management, receive considerable attention. The research aims to analyze the circular economy as a strategy in the management of waste electrical and electronic equipment, through a descriptive, non-experimental study, considering the discarded laptops in a university. The study was carried out in two stages: The first, a proposal for a remanufactured product where the potential of laptop parts to be recycled based on 110 recycled equipment was examined; the second, a business strategy based on the circular economy, in order to identify the perception of the offer of remanufactured computers, for this purpose a tool validated by experts was designed, which was applied to 367 university students. As a result, the relationship between the socioeconomic level and the acceptance of remanufactured personal computers was determined, finding significant correlations. It is concluded that the studied circular economy is an adequate alternative for the management of computer parts waste, in addition a positive perception of this type of products was observed according to the computing needs of the users.

**Keywords:** Circular economy; laptops; waste electrical and electronic equipment; emission factors; waste collection cost.

## **Introducción**

Actualmente y debido a las crecientes preocupaciones sobre el uso restringido de los recursos naturales, el desafío de la sostenibilidad ambiental y las leyes ambientales, el impacto de eliminar los productos al final de la vida útil, ha recibido una atención considerable. Autores como Esenduran, Kemahlioglu-Ziya y Swaminathan (2017) y Diaz (2019), muestran ya el impacto de la regulación normativa en la gestión de desechos en las empresas, lo cual evidencia que toda esta normativa aleja el concepto de economía lineal de la empresa moderna.

Los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), están ganando importancia en el dominio de la gestión de desechos, con una producción global estimada que aumentó de 20 a 25 TM en 2009 a casi 45 TM en 2016 (Balde, Forti, Gray, Kuehr y Stegmann, 2017). Asimismo, los avances tecnológicos conducen a un desarrollo continuo de Equipos Eléctricos y Electrónicos (EEE),

que presentan una vida útil limitada de 2 a 5 años, para teléfonos móviles y computadoras personales; de 5 a 7 años, para televisores; y aproximadamente 10 años, para lavadoras y lavavajillas, refrigeradores y unidades de aire acondicionado (Robinson, 2009).

Según el Ministerio del Medio Ambiente, en el Perú, se estima que en el año 2016 se generaron alrededor de 160.000 toneladas de desechos, de los cuales el 90% son de equipos de informática y telecomunicaciones (celulares, computadoras, computadoras portátiles, impresoras, entre otros) y de aparatos electrodomésticos (televisores, radios, equipos de sonido, ventiladores, entre otros) (Ministerio del Ambiente del Perú, 2017).

Bajo este enfoque existe la necesidad de evaluar nuevos modelos para ciclos de vida de productos eléctricos y electrónicos, tales como la ecología industrial (Duchin, 1992) y la evaluación de ciclo de vida (Hauschild, Rosenbaum y Olsen, 2018). En ese sentido, recientemente, el concepto de Economía Circular (EC) se ha hecho popular, ganando

impulso en países europeos y China (Kirchherr, Reike y Hekkert, 2017); debido a que ésta se enfoca en compensar los crecientes niveles de demanda y las consecuencias sociales y económicas asociadas al medio ambiente, al devolver los materiales al ciclo de producción en un ciclo cerrado (Korhonen, Honkasalo y Seppälä, 2018).

En las últimas décadas, la Economía Circular se ha promocionado cada vez más como un modelo económico que puede reemplazar a la economía “lineal” actual, al tiempo que aborda los problemas de deterioro ambiental, equidad social y crecimiento económico a largo plazo, con la sugerencia explícita de que puede servir como una herramienta para el desarrollo sostenible (Millar, McLaughlin y Börger, 2019). Como es bien sabido, una economía lineal extrae recursos naturales, agrega valor al convertirlos en bienes, los distribuye y luego los rechaza como desechos al final de su vida (Ashby, 2016), por ello autores como Andersen (2007), manifiestan que la principal falla sugerida por este tipo de modelo para lograr un desarrollo sostenible, es que la búsqueda de un crecimiento económico continuo se logra al precio de la degradación ambiental.

Por otro lado, Xue, et al. (2010) sugieren que la Economía Circular es el resultado de los esfuerzos de más de una década de practicar y generar un enfoque detallado del Desarrollo Sostenible, usada por parte de las economías internacionales. Este tipo de afirmaciones es común en muchos estudios, que sostienen que la EC se considera un enfoque para implementar y promover el concepto muy discutido de Desarrollo Sostenible, llevando con ello un adecuado sistema de gestión de desechos (Kirchherr, et al., 2017), donde estas iniciativas se alinean en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU (Schroeder, Anggraeni y Weber, 2019).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente la economía circular se muestra como una alternativa para la gestión de desechos en base a un desarrollo más sostenible y un sustento para la producción. Sin embargo,

la falta de comprensión de los verdaderos potenciales de este modelo en muchos sectores empresariales, sigue siendo un desafío. En este estudio, se investigó el potencial de la economía circular para una adecuada gestión de desechos de los RAEE a través de la reutilización y reciclaje de las computadoras personales.

La investigación se desarrolló a través de un estudio descriptivo de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), no experimental. Esta se llevó a cabo en dos etapas: La primera, es la propuesta de un producto remanufacturado en base a economía circular, donde se estudia la potencialidad de las partes de computadoras portátiles para ser recicladas (en base a 110 equipos); la segunda, es la estrategia de negocio basada en la economía circular de computadoras desechadas, este se realizó con la finalidad de identificar la percepción de la oferta de computadoras remanufacturadas, para ello se elaboró un instrumento de medición, estableciéndose ocho (8) preguntas relacionadas con el nivel socioeconómico, como también ocho (8) para evaluar el nivel de aceptación. Se determinó la unidad de análisis, con una muestra de 367 sujetos, los cuales se prorratearon en forma proporcional al número total. Los resultados se correlacionaron por rango de Spearman en el programa de *Statgraphic*.

## **1. Economía circular y computadoras desechadas**

La economía circular se ha conceptualizado como un sistema industrial, que es restaurativo o regenerativo por intención así como diseño, y tiene como objetivo mejorar la gestión de los desechos a través de la generación de ciclos optimizados de componentes y materiales, manteniéndolos en su mayor utilidad y valor (Gardetti, 2019).

La esencia de este concepto está centrada según Nußholz (2017), en los recursos y la necesidad de innovar modelos de negocios, basados en propuestas de valor circular que cambian de transacciones individuales entre

actores de la cadena de valor a transacciones múltiples a través de modelos de negocios circulares.

Al respecto, estudios en productos como el plástico muestran propuestas viables en la economía circular, puesto que representa un esfuerzo por imitar el atributo de cierre de bucle de la naturaleza en los sistemas antropogénicos (Simon, 2019), de la misma forma la producción electrónica es la industria manufacturera más grande y de mayor crecimiento a nivel mundial. Cuando se combina con una obsolescencia más rápida, este crecimiento ha dado como resultado aumentos significativos en la generación de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos (Parajuly y Wenzel, 2017).

Bajo este contexto la economía circular propone que se pueda obtener valor para las empresas mediante ahorros en mano de obra, materiales y energía, mientras que en paralelo tiene la capacidad de reducir efectos ambientales, como las emisiones de gases de efecto invernadero y una adecuada gestión de desechos (Bocken, Bakker y Pauw, 2016).

El concepto de modelo de negocio circular, incorpora ideas como el producto-servicio-sistema (Tukker, 2015), lo cual es una estrategia de captura de valor, que mueve el enfoque de los productos a la generación de otros servicios. Uno de estos servicios que se pueden implementar es la remanufactura, que es una alternativa dada por este concepto, autores como Parajuly y Wenzel (2017), la reconocen como una opción para lograr la extensión de la vida útil de los productos, y que junto con la reutilización y restauración, logran la recuperación de los productos antiguos como recursos secundarios (reciclaje).

Anualmente se presentan mayores cantidades de RAEE, por lo que su gestión se ha convertido en un importante problema mundial, además de ello desde el punto de vista de peligro ambiental existen una variedad de materiales que se deben tener en cuenta, como: Cadmio, plomo, mercurio, bifenilos policlorados y retardantes bromados, que representan un riesgo considerable, tanto para los seres humanos como para el medio

ambiente, si no se tratan adecuadamente (Clarke, Williams y Turner, 2019).

De lo anterior, actualmente las computadoras son las que requieren mayor atención para evitar contaminación, por lo cual necesitan alternativas para una adecuada gestión de sus desechos (Subramanian y Yung, 2016). En este contexto, las computadoras personales poseen una característica importante para ser recuperadas, a partir de una estrategia de economía circular como lo es la “Reparabilidad”, debido a que la producción digital soporta la reparación porque las partes rotas se pueden imitar y reproducir o sustituir (Sauerwein, Balkenende, Doubrovski y Bakker, 2019).

Hasta ahora, los estudios sobre economía circular en equipos de cómputo, se centran en un aspecto específico, como la reparación (Kuzmina, Prendeville, Walker y Charnley, 2019); así como en factores que afectan la aceptación de productos circulares por parte de los consumidores y en elementos que perjudican el potencial de extender la vida útil de los bienes (Van Weelden, Mugge y Bakker, 2016; Mugge, Jockin y Bocken, 2017).

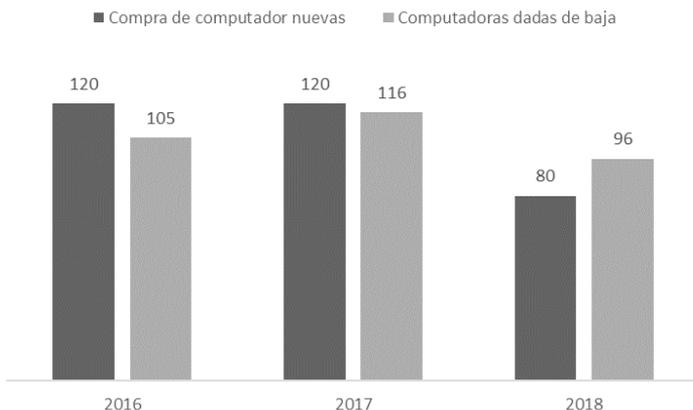
Por ello dentro de esta investigación se toma el concepto de Geissdoerfer, Savaget, Bocken y Hultink (2017) que establecen que la economía circular es un modelo económico global que apunta a desvincular el crecimiento económico y el desarrollo humano del consumo de recursos finitos. En ese sentido la EC aspira a transformar el consumo lineal en un sistema circular, minimizando el desperdicio y manteniendo el valor de los materiales.

## **2. Propuesta de producto remanufacturado en base a economía circular**

Con la finalidad de identificar y evidenciar el flujo de compra y desecho de computadoras en una organización, se recolectó la información de una Universidad peruana de gestión estatal, a través de una

entrevista a su oficina de Logística. Se puede observar en el Gráfico I, las compras de computadoras (*laptop*) y las que se dieron de baja (desechadas) en el periodo 2016-2018,

con las cuales se puede observar que existe un flujo dentro de la institución que pueden ser remanufacturadas y de esa forma seguir en funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Gráfico I: Flujo de compra y desecho de computadoras (*laptop*)**

Por medio de una revisión técnica a una muestra representativa de los equipos de desecho, usando una lista de verificación llenada por expertos en componentes informáticos, se determinó que son tres los componentes principales de las computadoras dadas de baja que pueden ser reutilizados, tales como la placa del sistema, CPU y memoria RAM. De las 110 computadoras evaluadas el 90% tenían condiciones de uso y funcionaban adecuadamente estos elementos. Estudios similares manifiestan que la reutilización de las computadoras portátiles desechadas, puede proporcionar una estrategia híbrida de fin de vida, puesto que permite la reutilización de la placa del sistema, la unidad central de procesamiento (CPU) y los módulos de memoria RAM (Manhart, et al., 2016).

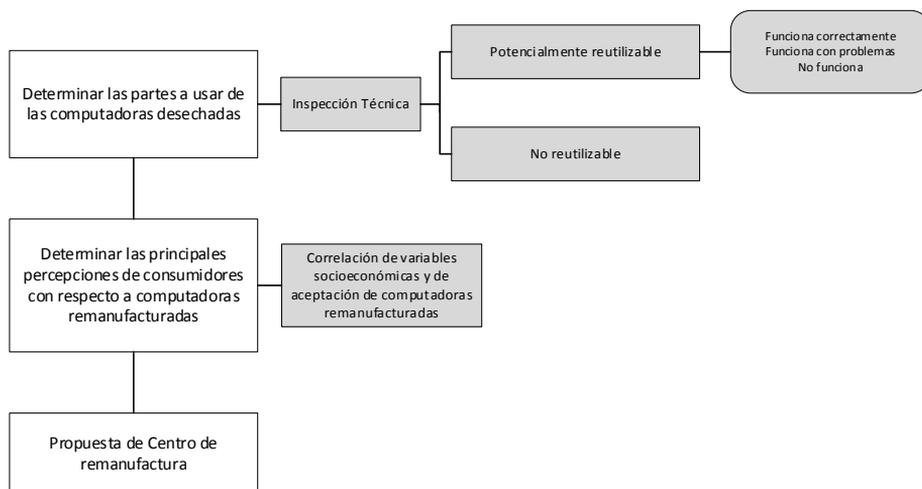
La viabilidad de reutilizar las computadoras portátiles al final de su vida

útil a partir de los RAEE del consumidor debe cumplir varias condiciones, como: Las placas del sistema, los procesadores y la memoria, deben estar en perfecto estado de funcionamiento; la arquitectura y el diseño de la placa del sistema, deben ser adecuados para su reutilización en una nueva carcasa; y el proceso de desmontaje, debe realizarse con cuidado para evitar que la placa del sistema, la CPU y la memoria RAM incurran en cualquier daño que afecte su funcionalidad (Coughlan, Fitzpatrick y McMahon, 2018). En el presente estudio esto se ve facilitado, pues la universidad donde se llevó a cabo utiliza una sola marca Hewlett Packard, desde hace más de 5 años por un convenio suscrito.

Con la investigación se evidenció que el enfoque generado por el panel de expertos es una herramienta útil para identificar los componentes que se pueden adicionar y ser

reutilizados por la economía circular. En este contexto y siguiendo el modelo planteado por Parajuly y Wenzel (2017), se sistematiza la estrategia de economía circular en la Figura I, la cual consta de 3 etapas: Determinación de

las partes a usar de las computadoras dadas de baja; determinación de la percepción de consumidores con respecto a este tipo de producto; y por último, una propuesta de un centro de remanufacturado.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Figura I: Sistematización del análisis de economía circular en computadoras remanufacturadas**

### 3. Estrategia de negocio basada en la economía circular de computadoras desechadas

La estrategia establece recuperar sistemáticamente los bienes al final de su vida útil y reutilizarlos, o sus componentes para los nuevos usuarios, para tal fin es necesario identificar la percepción de la oferta de computadoras remanufacturadas basada en el concepto de economía circular, se realizó una investigación del tipo cuantitativo transversal, utilizando una encuesta de 16 preguntas dividido en 2 dimensiones: 8 preguntas son referidas a la dimensión socioeconómica (SE), que incluyen consultas sobre ingresos, nivel de estudios, procedencia, nivel de

avance universitario y carrera profesional que cursa; y otras 8 referidas a la dimensión de aceptación (VA) de las computadoras personales remanufacturadas, relacionadas con preferencias en tipos de equipos, necesidad de potencia de cómputo y uso de *software*, que fueron validadas teniendo como indicador el valor de Alfa de Cronbach de 0,822.

La recolección de datos para este estudio se aplicó a una muestra de 367 estudiantes, considerando que el total de alumnos de la universidad en estudio fue de 8.270, por lo que se utilizó un muestreo para universos finitos (Yi, 2018).

De igual manera, con el fin de evaluar el grupo de asociación entre dimensiones, se utilizó el análisis no paramétrico de correlación

de Spearman, debido a que la estructura de los datos no cumplió con los supuestos subyacentes de la correlación paramétrica, este análisis ayudó a comprender mejor la relación y la fuerza de las dimensiones de Nivel

Socioeconómico y Nivel de Aceptación de Computadoras Remanufacturadas. En la Tabla 1, se puede observar la interrelación entre las dos variables.

**Tabla 1**  
**Interrelación entre la variable nivel socioeconómico y aceptación de laptops remanufacturadas**

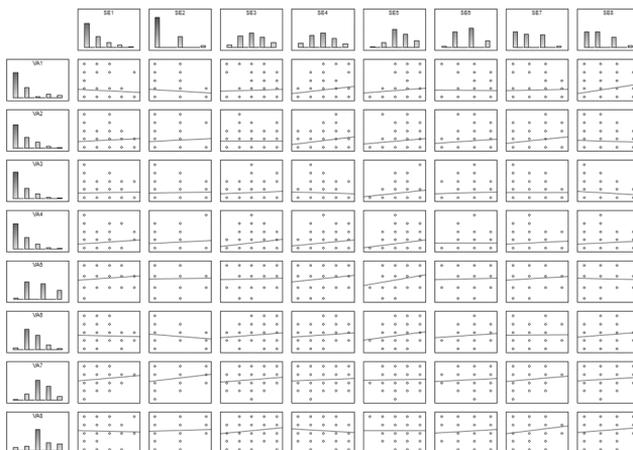
		SE	VA
Rho de Spearman	SE*	Coefficiente de correlación	1.00
		Sig. (bilateral)	0.92]
		N	367
	VA**	Coefficiente de correlación	0.92
		Sig. (bilateral)	0.002
		N	367

(\*) Nivel Socioeconómicas

(\*\*) Aceptación de Computadoras portátiles Remanufacturadas

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la Figura II, se muestra gráficamente versus las VA, donde resultaron tener una correlación de las 8 variables de SE una correlación significativa en 6 correlaciones.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Figura II: Gráfico de correlación de variables SE vs VA**

La Tabla 2 muestra los valores de p para esta prueba que fueron menores de 0,05 para comparaciones múltiples. La comparación

entre grupos fue llevada a cabo mediante ANOVA con una  $p < 0,005$ . El análisis fue desarrollado en *StatGraphic®* para *Windows*.

**Tabla 2**  
**Correlación de variables según pregunta**

CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS	Valor P
Relación entre función, calidad, precio, marca e impacto en el medio ambiente con los años de garantía de las PCs remanufacturadas.	p=0.0123
Relación entre el ciclo de estudios y las características operativas de las Computadoras portátiles remanufacturadas.	p=0.0106
Relación de la carrera profesional, con el precio que puede pagar por una computadora portátil remanufacturadas.	p=0.0189
Relación entre Ciclo de estudios y programas computacionales que usan.	p=0.0366
Relación entre ciclo de estudios y el tiempo de mantenimiento de las computadoras portátiles.	p=0.0123
Relación entre porcentaje de financiamiento para la compra de las computadoras portátiles, de acuerdo al lugar de procedencia.	p=0.0222
Relación de la Carrera Profesional (ingeniería o Ciencias sociales) y los componentes de las computadoras portátiles.	p=0.0152

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Con la investigación se evidenció que el 57% de los encuestados perciben que las computadoras portátiles remanufacturadas, son una alternativa atractiva por su simplicidad, puede contener mucha información, se puede trabajar sin energía eléctrica por un tiempo bastante significativo y en cualquier lugar que se desee. Además el 59% indica que para comprar una computadora portátil valoran su funcionalidad, es decir, sus características que hacen que la maquina sea práctica y utilitaria, en tanto que un 26% manifiesta que para comprar una computadora portátil valora su

calidad, es decir, que satisfaga las necesidades que necesita; mientras un 13% valora comprar una computadora portátil por su precio.

Otros hallazgos significativos dentro del estudio exploratorio indican que el 62% considera al CPU como lo más importante en una computadora, porque es la parte en la que se encuentran los elementos que sirven para procesar datos. Asimismo el 24% da esa importancia de uso a la memoria RAM, debido a que es el dispositivo de una computadora, donde se almacenan datos o instrucciones que posteriormente se pueden utilizar; en tanto

que, el 11% considera al disco duro como lo más importante, puesto que el mismo brinda una gran capacidad de almacenamiento de datos informáticos, que se encuentra insertado permanentemente en la unidad central de procesamiento.

Por otro lado, al consultarles sobre las computadoras portátiles remanufacturadas, los encuestados manifestaron que la calidad es un atributo que consideran de suma importancia con un 43%, luego les interesa que las máquinas sean funcionales con un 24% y con un 16% se encuentra la durabilidad.

Las respuestas de los estudiantes universitarios encuestados concuerda con lo manifestado por Coughlan, et al. (2018), que establecen que la placa base, la RAM y la CPU, son las partes de las computadoras portátiles que más valor representan. Además, dentro de la investigación se observa que los estudiantes de ciencias sociales prefieren ese producto en mayor proporción (65%), que en ciencias de la ingeniería (35%), lo cual está relacionado con el nivel de uso de *software* de estos últimos que requieren mucha capacidad en las líneas de uso matemático, por ello se va definiendo el mercado de este tipo de computadoras portátiles remanufacturada, esto ya ha sido revelado en un estudio previo donde se establece que este tipo de equipos son diseñados para un “cliente ligero” de “*software*”.

Al respecto, estudios de reutilización comercial en computadoras portátiles, revelan tendencias importantes para evaluar y diseñar productos electrónicos de consumo más ecológicos (Kasulaitis, Babbitt, Kahhat, Williams y Ryen, 2015), lo cual en el caso de estudio se observa como una baja variabilidad en el tamaño del producto, la composición del material o la masa de los componentes a lo largo del tiempo.

En ese sentido, se observa en los resultados que existe una disponibilidad y espacio de mercado, para poder insertar negocios basado en economía circular de computadoras remanufacturadas, puesto que diversos estudios plantean los beneficios ambientales y económicos en esta línea de

productos (Cao, et al., 2016; Zlamparet, et al., 2017; André, Ljunggren Söderman y Nordelöf, 2019). Iniciativas exitosas dentro de este rubro están relacionadas a la extensión de la vida útil del producto, por tanto, la remanufactura contribuye a la sostenibilidad, ahorrando energía y materiales, así como reduciendo el desperdicio y las emisiones (Karvonen, Jansson, Tonteri, Vatanen y Uoti, 2015).

La estrategia no es volver a montar el producto o la pieza del producto para el mismo usuario, sino sistemáticamente recuperar los bienes al final de su vida útil y reutilizarlos o sus componentes para los nuevos usuarios. Wells y Seitz (2006), en un estudio en remanufactura automotriz, llegaron a este mismo concepto mostrando la viabilidad de su propuesta, y dentro de los RAEE específicamente computadoras, existen diversos estudios que revelan la viabilidad de esta forma de negocio futuro (Kumar y Rawat, 2018; Ormazabal, Prieto-Sandoval, Puga-Leal y Jaca, 2018; Messmann, Helbig, Thorenz y Tuma, 2019).

## Conclusiones

La investigación se centró en la gestión de los desechos de computadora portátiles, utilizando como concepto base a la economía circular. Se demostró que existe una alternativa de recuperación y reciclaje de partes de computadoras, para generar un sistema de gestión de desechos, que generalmente es costoso en su implementación por la disposición final de este tipo de productos. Junto con ello se analizó la remanufactura de computadoras portátiles, lo cual es la principal contribución, puesto que genera un modelo de ciclo de vida de estos equipos, que junto con las percepciones significativas de potenciales clientes, se muestra una alternativa de negocio basada en una planificación integral del producto, que comienza en la producción, uso y remanufactura, todo ello satisfaciendo a un mercado específico de este tipo de bienes.

Junto con ello se afirma que cada vez más en la legislación y toma de decisiones

de adquisiciones de computadoras, el criterio de sostenibilidad y gestión de desechos está presente; por lo que es válido proyectar a que en el futuro este tipo de requisitos aumente y este basado en todas las fases de ciclo de vida de las computadoras, aunado a ello los volúmenes de compra de computadoras aumentarán por la tendencia a virtualizar casi todos los procesos, por lo que en ciertos usos las computadoras remanufacturadas podrán ser una buena opción para optimizar los presupuestos de adquisición de estos equipos en las empresas. Por ello dentro de este estudio se generó un alcance a la percepción de usuarios frente a este producto, puesto que es necesario segmentarlos de acuerdo a sus necesidades de cómputo.

Las principales dificultades que se observa en incluir a computadoras remanufacturadas como opción de compra formal por empresas, es la estructura legal de compras, la información de este tipo de productos y la percepción de los usuarios. Por otro lado, el concepto de sostenibilidad es muy aceptado, en el estudio se observó que al incluir este concepto en la información a los usuarios se logró una aceptación adecuada.

Finalmente, es necesario definir que para que esta propuesta de negocio sea sólida se debe hacer un estudio detallado de costos de computadoras portátiles remanufacturadas, que planteen precios óptimos y maximicen el beneficio ecológico; asimismo, un estudio técnico de durabilidad de este tipo de equipo; y con esto se podría generar una alternativa de negocio sostenible y ecológicamente adecuado.

## Referencias bibliográficas

- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), 133-140. doi: 10.1007/s11625-006-0013-6
- André, H., Ljunggren, M., y Nordelöf, A. (2019). Resource and environmental impacts of using second-hand laptop computers: A case study of commercial reuse. *Waste Management*, 88, 268-279. doi: 10.1016/j.wasman.2019.03.050
- Ashby, M. F. (2016). *Materials and sustainable development*. Oxford: Butterworth-Heinemann. doi: 10.1016/C2014-0-01670-X
- Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., y Stegmann, P. (2017). *The Global e-waste Monitor 2017: Quantities, flows and resources*. Bonn: United Nations University and International Telecommunication Union. Recuperado de <http://collections.unu.edu/view/UNU:6341>
- Bocken, N. M. P., Bakker, C., y Pauw, I. D. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial Production Engineering*, 33(5), 308-320. Doi: 10.1080/21681015.2016.1172124
- Cao, J., Chen, Y., Shi, B., Lu, B., Zhang, X., Ye, X., ... Zhou, G. (2016). WEEE recycling in Zhejiang Province, China: Generation, treatment, and public awareness. *Journal of Cleaner Production*, 127, 311-324. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.147
- Clarke, C., Williams, I. D., y Turner, D. A. (2019). Evaluating the carbon footprint of WEEE management in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 465-473. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.10.003
- Coughlan, D., Fitzpatrick, C., y McMahon, M. (2018). Repurposing end of life notebook computers from consumer WEEE as thin client computers – A hybrid end of life strategy for the circular economy in electronics. *Journal of Cleaner Production*, 192, 809-820. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.029

- Diaz, P. G. (2019). Relación costo-beneficio de sistemas de gestión ambiental en empresas manufactureras venezolanas. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(1), 143-155. doi: 10.31876/rcs.v25i1.27306
- Duchin, F. (1992). Industrial input-output analysis: Implications for industrial ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(3), 851-855. doi: 10.1073/pnas.89.3.851
- Esenduran, G., Kemahloğlu-Ziya, E., y Swaminathan, J. M. (2017). Impact of take-back regulation on the remanufacturing industry. *Production and Operations Management*, 26(5), 924-944. doi: 10.1111/poms.12673
- Gardetti, M. A. (2019). Introduction and the concept of circular economy. In S. S. Muthu (Ed.), *Circular economy in textiles and apparel* (pp. 1-11). United State: Woodhead Publishing.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., y Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143(1), 757-768. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., y Olsen, S. I. (2018). About this book. In M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, y S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 3-8). France: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-56475-3\_1
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill /Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Karvonen, I., Jansson, K., Tonteri, H., Vatanen, S., y Uoti, M. (2015). Enhancing remanufacturing – studying networks and sustainability to support finnish industry. *Journal of Remanufacturing*, 5(5), 1-16. doi: 10.1186/s13243-015-0015-6
- Kasulaitis, B. V., Babbitt, C. W., Kahhat, R., Williams, E., y Ryen, E. G. (2015). Evolving materials, attributes, and functionality in consumer electronics: Case study of laptop computers. *Resources, Conservation and Recycling*, 100, 1-10. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.03.014
- Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005
- Korhonen, J., Honkasalo, A., y Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.06.041
- Kumar, S., y Rawat, S. (2018). Future e-waste: Standardisation for reliable assessment. *Government Information Quarterly*, 35(4, Supplement), S33-S42. doi: 10.1016/j.giq.2015.11.006
- Kuzmina, K., Prendeville, S., Walker, D., y Charnley, F. (2019). Future scenarios for fast-moving consumer goods in a circular economy. *Futures*, 107, 74-88. doi: 10.1016/j.futures.2018.12.001
- Manhart, A., Blepp, M., Fischer, C., Graulich, K., Prakash, S., Priess, R.,... Tür, M. (2016). *Resource Efficiency in the ICT Sector*. Germany: Oeko-Institut e.V. Recuperado de [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Resource\\_Efficiency ICT LV.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Resource_Efficiency ICT LV.pdf)
- Messmann, L., Helbig, C., Thorenz, A., y Tuma, A. (2019). Economic and environmental benefits of recovery networks for WEEE in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 222, 655-668. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.244
- Millar, N., McLaughlin, E., y Börger, T.

- (2019). The circular economy: Swings and roundabouts? *Ecological Economics*, 158, 11-19. doi: 10.1016/j.ecolecon.2018.12.012
- Ministerio del Ambiente del Perú (2017). *Ministerio del Ambiente promueve gestión adecuada de aparatos eléctricos y electrónicos*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/ministerio-del-ambiente-promueve-gestion-adecuada-de-aparatos-electricos-y-electronicos/>
- Mugge, R., Jockin, B., y Bocken, N. (2017). How to sell refurbished smartphones? An investigation of different customer groups and appropriate incentives. *Journal of Cleaner Production*, 147, 284-296. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.111
- Nußholz, J. L. K. (2017). Circular business models: Defining a concept and framing an emerging research field. *Sustainability*, 9(10), 1810. doi: 10.3390/su9101810
- Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., y Jaca, C. (2018). Circular economy in spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 185, 157-167. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.031
- Parajuly, K., y Wenzel, H. (2017). Potential for circular economy in household WEEE management. *Journal of Cleaner Production*, 151, 272-285. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.03.045
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of The Total Environment*, 408(2), 183-191. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.09.044
- Sauerwein, M., Balkenende, R., Doubrovski, Z., y Bakker, C. (2019). Exploring the potential of additive manufacturing for product design in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1138-1149. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.108
- Schroeder, P., Anggraeni, K., y Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95. doi: 10.1111/jiec.12732
- Simon, B. (2019). What are the most significant aspects of supporting the circular economy in the plastic industry? *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 299-300. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.10.044
- Subramanian, K., y Yung, W. K. C. (2016). Review of life cycle assessment on consumer electronic products: Developments and the way ahead. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(18), 1441-1497. doi: 10.1080/10643389.2016.1245550
- Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy – A review. *Journal of Cleaner Production*, 97, 76-91. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.049
- Van Weelden, E., Mugge, R., y Bakker, C. (2016). Paving the way towards circular consumption: Exploring consumer acceptance of refurbished mobile phones in the dutch market. *Journal of Cleaner Production*, 113, 743-754. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.11.065
- Wells, P. E., y Seitz, M. A. (2006). Challenging the implementation of corporate sustainability: The case of automotive engine remanufacturing. *Business Process Management Journal*, 12(6), 822-836. doi: 10.1108/14637150610710954
- Xue, B., Chen, X., Geng, Y., Guo, X., Lu, C., Zhang, Z., y Lu, C. (2010). Survey of officials' awareness on circular economy development in China:

Based on municipal and county level. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1296-1302. doi: 10.1016/j.resconrec.2010.05.010

Publishing. doi: 10.1016/B978-0-08-100798-3.00002-7

Yi, Z. (2018). Chapter two-market research. In Z. Yi (Ed.), *Marketing services and resources in information organizations* (pp. 19-27). United States: Chandos

Zlamparet, G. I., Ijomah, W., Miao, Y., Awasthi, A. K., Zeng, X., y Li, J. (2017). Remanufacturing strategies: A solution for WEEE problem. *Journal of Cleaner Production*, 149, 126-136. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.004