



Ciencias Holguín

E-ISSN: 1027-2127

revista@ciget.holguin.inf.cu

Centro de Información y Gestión

Tecnológica de Holguín

Cuba

Cevallos-Muñoz, Omar; Abreu-Ledón, René
Evaluación de la sostenibilidad de una cadena de suministro inversa en Ecuador
Ciencias Holguín, vol. 23, núm. 3, julio-septiembre, 2017, pp. 1-18
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín
Holguín, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181552082006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Evaluación de la sostenibilidad de una cadena de suministro inversa en Ecuador / Evaluation of the sustainability of an inverse supply chain in Ecuador

Omar Cevallos-Muñoz. ocevallos@uteg.edu.ec *

René Abreu-Ledón. rabreu@uclv.edu.cu **

Institución de los autores

Profesor de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo *

Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu” Cuba.**

PAÍS: Ecuador *; Cuba **

RESUMEN

El presente trabajo realiza la evaluación de sostenibilidad de la cadena de suministro inversa del proceso de reciclaje de los equipos de refrigeración doméstico en Ecuador. Se sintetiza la evaluación de las variables que integran la dimensión ambiental relacionada con el consumo de recursos naturales, la emisión de agentes contaminantes al aire y el agua, y la generación de otros residuos. De igual forma, se evalúa el impacto económico de las acciones desarrolladas y las afectaciones y beneficios generados para los actores sociales que intervienen en la cadena en particular y para la comunidad donde esta ópera en general. Se propone un método para integrar los resultados de la evaluación integral del estado de la sostenibilidad. Se pudo conocer que existen afectaciones en la sostenibilidad sobre todo en su dimensión social y en menor medida en la económica, no así en la dimensión ambiental, la cual presenta un estado favorable.

PALABRAS CLAVE: CADENA DE SUMINISTRO INVERSA; EVALUACIÓN; REFRIGERADOR; SOSTENIBILIDAD

ABSTRACT

The present work carries out the evaluation of the sustainability of the reverse supply chain of the recycling process of domestic refrigeration equipment in Ecuador. The evaluation of the variables that integrate the

environmental dimension related to the consumption of natural resources, the emission of pollutants into the air and water, and the generation of other wastes is synthesized. Similarly, the economic impact of the actions developed and the effects and benefits generated for the social actors involved in the chain in particular and for the community where this operates in general are evaluated. A method is proposed to integrate the results of the integral evaluation of the state of sustainability. It was possible to know that there are impacts on sustainability, especially in its social dimension and to a lesser extent in the economic dimension, but not in the environmental dimension, which presents a favorable level.

KEYWORDS: INVERSE SUPPLY CHAIN; EVALUATION; FRIDGE; SUSTAINABILITY

INTRODUCCIÓN

El tema de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE¹) presenta un rápido crecimiento en Latinoamérica; por lo que exige nuevos escenarios, compromisos y condiciones normativas, así como un orden social sostenido en la responsabilidad y compromiso de los actores involucrados y de toda la sociedad.

Dentro de los aparatos electrodomésticos los refrigeradores son los que presentan mayor nivel de consumo de energía eléctrica, por lo que es de interés mundial mejorar de manera continua su eficiencia y reducción de contaminación al medio ambiente a través de políticas públicas eficientes aplicadas en los procesos adecuados de recuperación de sus componentes (Silva, F. et al. 2010). En el Ecuador estas políticas están siendo revisadas e implementadas, y recientemente se adoptaron estrategias aplicadas en otros países como es la implementación de planes de renovación de refrigeradores. Este estudio pretende evaluar la sostenibilidad del proceso de recuperación de refrigeradores en Ecuador, considerando las dimensiones social, ambiental y económica.

1 RAEE (1999) - Convención de Basilea y las normas de la Unión Europea en referencia al tratamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

El término sostenibilidad fue expuesto por primera vez por la Comisión Brundtland en 1987 como "el desarrollo para satisfacer las actuales necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras en satisfacer las suyas (Christine, Margaret, & Andrew, 2014)

Desde ese entonces, y a partir de este concepto, se ha reconocido que para asegurar esta se deben contemplar tres dimensiones: la ambiental, la económica y la social, aunque en las prácticas de las investigaciones se observa un mayor predominio de la dimensión ambiental y la económica. Entre este tipo de investigaciones se ubican Giacomo Falcone et al. (2016); Gibson Nyirenda, Collins C. Ngwakwe (2014). Sin embargo, otras investigaciones si abordan las tres dimensiones reconocidas para las sostenibilidad (Bruno Mota, et al, 2014).

En aras de alcanzar la necesaria sostenibilidad se desarrollan múltiples esfuerzos orientados en varias direcciones, una de estas es todo lo relativo a la gestión de residuos, o a la reutilización de partes o componentes o de equipos que llegan al final de su vida útil (Miyamaru Seo, Noschese Fingerma; 2011; Faccio, M; Persona. A; Sgarbossa, F; Zanin; G; 2014).

En función de lo anterior, y con vistas a canalizar y optimizar estos esfuerzos, se llevan a cabo múltiples investigaciones que pretenden garantizar el funcionamiento de esta posible cadena de logística inversa de forma sostenible (Arnette, Brewer, Choal, 2014; Korchi y Millet, 2011; Amann et al. 2014). El análisis de esta cadena logística, la identificación de los componentes y la valoración de variables como las capacidades y restricciones de cada elemento de la cadena, su ubicación, niveles de inventarios y sus costos de operación son analizados por: Spiegel, de Medeiro Vasconcelos, López Porto y Mansur (2014), Gómez et al (2014), Dotoli et al (2016).

Dentro de los productos en que se ha trabajado con vistas a su reutilización se encuentran los equipos electrodomésticos de forma general (Foelster, A. S. et al, 2016; Ciocoiu, C. N.; Colesca, Rudăreanu, C. Popescu, 2016). Específicamente en lo relativo a refrigeradores también se registran investigaciones que abordan el objeto de estudio (Cagno, Magalini; Trucco 2008, Guarnieri. Silva, Levino, 2016, Rufeng Xiao, You Zhang, Xin Liu, Zengwei Yuan, 2015).

De forma general de la revisión de la literatura se puede concluir que: la evaluación de la sostenibilidad de la cadena logística inversa es un tema pertinente y actual, en la cual las investigaciones que abordan este objetivo lo hacen reforzando el énfasis en una u otra dimensión sin lograr el necesario equilibrio entre la dimensión económica, ambiental y social, siendo esta última la menos tratada.

MATERIALES y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se siguieron los pasos que a continuación se exponen. Los resultados de los pasos iniciales serán presentados como parte de la misma metodología mientras los que demandaron de la intervención en el objeto de estudio serán presentados como resultados.

Paso 1: Caracterización de la cadena logística: El estudio se inició con la caracterización de los principales elementos que conforma la cadena logística del proceso de reciclaje de los refrigeradores, considerando los canales que se utilizan para asegurar que estos lleguen al proceso de reciclaje, los volúmenes de refrigeradores que cada uno de los canales genera para reciclaje, así como las operaciones que se utilizan en este para alcanzar la meta final.

En el territorio objeto de estudio la cantidad estimada de refrigeradoras existentes en los hogares de los usuarios que consumen hasta 200 kWh/mes es de 1379904 unidades (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), 2014). Si de la cantidad anterior se considera que una de cada cuatro unidades pudiera cumplir con el requisito de edad para la renovación, se obtiene una cantidad por demanda del orden de 330000 refrigeradores a ser renovados, así como un reemplazo de 42000 refrigeradores.

En el proceso de recogida de los refrigeradores para llevar al centro de reciclaje intervienen tres actores diferentes, estos son:

- El centro para la ejecución del Programa RENOVA Refrigerador establecido por el gobierno para favorecer la renovación de equipos de alto consumo, el que recepciona equipos de alto consumo y ofrece facilidades a la población para obtener equipos más modernos al tiempo que almacena y traslada los equipos de alto consumo al proceso de reciclado parcial o total.
- PYMES que asumen la recepción, entrega y traslado al centro de reciclaje de los refrigeradores que los dueños decidan intercambiar por un valor mínimo.

- Recicladores independientes que buscan refrigeradores para reciclar en las calles de forma informal. Este grupo constituye el que menos volumen de refrigeradores genera para el proceso de reciclaje.

En la tabla 1 se muestran los volúmenes de refrigeradores generados para el reciclaje por cada uno de los grupos analizados. De forma general se puede plantear que en el proceso de reciclado de los refrigeradores sigue la estructura que se muestra en la figura 1

Tabla 1. Representatividad de cada uno de los grupos analizados

Actores	Volumen de Refrigeradores	Porcentaje (%)
Reciclador industrial	4000	50,1
Taller de refrigeración	942	11,8
Recicladores artesanales	3038	38,1
Total	7980	100,0

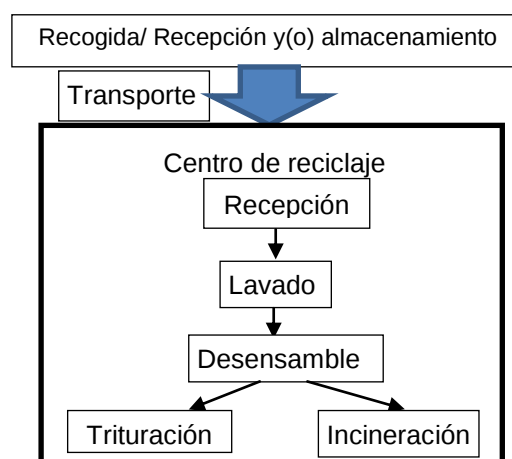


Figura 1. Proceso de reciclaje

Paso 2. Caracterización de la composición del producto: Identificado el total de refrigeradores se procedió a caracterizar los mismos de acuerdo con las características más relevantes de estos a considerar en el proceso de reciclaje, valorando la composición del refrigerador por tipo de material ver tabla 2.

Tabla 2. Composición de los refrigeradores por tipos de material

Tipo de material	Cantidad Kg/año	Porcentaje %	Tipo de material	Cantidad Kg/año	Porcentaje %
Acero	295829,6	52,03	Plásticos	143110,3	25,17

Hierro	29361,2	5,16	Poliuretano	39663,8	6,98
Cobre	32177,6	5,66	Aceite	1516,2	0,27
Aluminio	13645,8	2,40	Vidrio	12584,5	2,21
Clorofluorocarbono	682,3	0,12			

Paso 3. Definición de las variables a evaluar por dimensión y procesos:

Conocidas las peculiaridades del proceso y del producto se procedió a identificar las variables necesarias a medir para evaluar la sostenibilidad ambiental en cada una de las tres dimensiones establecidas, las que se resumieron en la tabla 3.

Tabla 3: Variables a medir por dimensión de la sostenibilidad

Dimensiones	Variables	Subvariables
Ambiental	Consumo de recurso ambiental	Combustible ---Agua---Electricidad
	Componentes procesados	Metales ferrosos, Cobre, Aluminio, Plástico, Poliuretano, Aceite, Refrigerante, Vidrio, Parte electrónica
	Consumo de sustancias	NaCl, Na ₂ CO ₃ , Al ₂ (SO ₄) ₃ CaCO ₃
	Emisiones al aire	Olores, Humo, SO _x , CO, HCl, NO _x , Polvo
	Emisiones al agua	Ph, COD, SS, N-H, Zn, Cu
	Residuos	Resina plástica, Polvo, Lodo, Ceniza, Residuo de aceite, poliuretano, clorofluorocarbono
Económica	Ingresos---Costos de materiales---Costos de recursos Humanos Costos de combustibles	
Social	Satisfacción con el contenido de trabajo--Satisfacción con las condiciones de trabajo Satisfacción con la estimulación --Satisfacción con las condiciones de bienestar Satisfacción con los servicios de seguros de vida Capacitación en el contenido de trabajo---Alimentación en la organización Satisfacción con la comunicación empresarial--Satisfacción con la participación Estado de las relaciones con la comunidad--Utilización de menores de edad en el trabajo Accidentes en el trabajo ---Cantidad de empleos generados, enfermedades en el trabajo.	

Paso 4. Establecer métodos y fuentes de medición de las variables por dimensión y procesos: Para cada una de las variables y procesos se establecieron los métodos de medición. En el caso de las variables de la dimensión ambiental y económica la entidad contaba con medios de medición e indicadores para su determinación. De igual forma, en la dimensión social se diseñaron encuestas para evaluar el estado de las variables en ella contenida, en las que se utilizó una escala dicotómica, considerando que el nivel escolar de los trabajadores no era muy alto.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la expresión siguiente:

$$n = \frac{z^2 pqN}{e^2 (N-1) + z^2 pqN}$$

Donde se establecieron los valores siguientes:

e: Magnitud del error del investigador (0,1) z: Nivel de confianza (1,96)

p y q = 0,5

N: tamaño de la población; se estimó en un total de 894 trabajadores, la cantidad de recicladores independientes que participan en el proceso resulta variable en el tiempo.

De acuerdo con todo lo anterior el tamaño total de la muestra encuestada resultó de 360. En la tabla 4 se presenta una breve caracterización de la muestra utilizada.

Tabla 4. Caracterización de la muestra

Composición	Clasificación	(%)	Composición	Clasificación	(%)
Sexo	Masculino	87	Composición por edad	-30	18
	Femenino	13		30-40	35
Composición por nivel escolar	Básico	62		40-50	47
	Medio	36		+ 50	0
	Superior	2			

Paso 5: Evaluación de las variables por dimensión y procesos: La evaluación de las variables que integran cada una de las dimensiones se desarrollará mediante la comparación del estado medido con el estado deseado. Considerando como niveles de referencias las normas de regulación establecidas para la variable de acuerdo con las regulaciones ambientales o de seguridad existente en general o para el sector en particular. En el caso de las variables que no poseen normas establecidas como patrón de comparación se

utilizarán los niveles de referencias establecidos por la directiva en función de la percepción de estos sobre el potencial disponible.

Para la evaluación se consideró que existen variables donde es positivo que muestren una tendencia creciente pues su comportamiento es favorable, mientras que otras se desea que presenten una tendencia decreciente dado que las mismas se consideran negativas.

Se establecerán para la evaluación tres estados en función de la comparación entre el estado medido y el deseado, los niveles de evaluación se resumen en la tabla 5 en correspondencia del tipo de variable.

Tabla 5. Criterio de evaluación

Variables	Categoría de evaluación		
	Deficiente	Aceptable	Satisfactorio
Positivas	$Er < Ed * 0,9$	$Ed * 0,9 \leq Er \leq Ed * 1,1$	$Er > Ed * 1,1$
Negativas	$Er > Ed * 1,1$		$Er < Ed * 0,9$

Para evaluar las dimensiones se realizan las acciones siguientes:

Se otorga a cada uno de los indicadores por dimensión valores de 1 (deficiente), 2 (aceptable) o 3 (satisfactorio) y este valor se divide por el máximo valor posible a alcanzar (3). Posteriormente se determina la media de estas evaluaciones para cada variable y siguiendo un método similar se determina la evaluación de la dimensión. El resultado será satisfactorio en la medida que su valor se acerque más a la unidad.

Paso 6: Evaluación integral de la sostenibilidad: El análisis de la evaluación integral se desarrolla a través del cociente resultante de la división entre el área conformada por la dimensión en su estado real y el área que podría conformarse si las dimensiones alcanzaran el máximo valor posible, es decir 3. Para mejor comprensión de lo explicado ver figura 2.

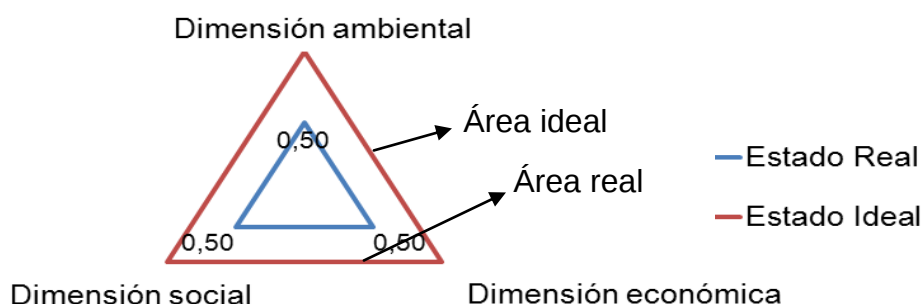


Figura 2. Diagrama radar de integración de la sostenibilidad

$$\text{Estado de Integral de la sostenibilidad} = \frac{\text{Área Real}}{\text{Área Ideal}}$$

Las áreas se determinan por la expresión de área establecida para un triángulo escaleno. Expresión de Heron para el cálculo de área que establece:

$$\text{Área de un triángulo rectángulo} = \sqrt{S(S-A)(S-B)(S-C)}$$

Dónde: A, B y C los lados del triángulo y $S = \frac{A+B+C}{2}$

Cada lado es el valor de cada una de las dimensiones analizadas en su estado Real o deseado. Este último en este caso se establece como la unidad.

RESULTADOS

A partir de la aplicación de la metodología se obtuvieron los resultados que a continuación se muestran y que se corresponden con los resultados de los pasos 3, 4 y 5 y son consecuencia del estado descrito en los pasos 1 y 2. Los mismos se presentan en las tablas 6 a 11. Para facilitar el análisis se presentan los datos integrados para los tres actores que intervienen en el proceso.

Tabla 6. Consumos de recursos ambientales

Tipo de recurso ambiental	ER	ED	Evaluación
Combustible en transportación (L/año)	198000	191908	Aceptable
Agua (L/año)	54608	54335	Aceptable
Electricidad (Kwh/año)	189482	130117	Deficiente

De acuerdo con la tabla anterior los consumos de recursos ambientales en todos los casos resultan superiores al deseado pero en el rango de lo aceptable el consumo de combustible y agua dado que el estado real no excede en más del 10% al estado deseado. El comportamiento del combustible en la transportación responde a que los recolectores independientes poseen medios de transporte con baja capacidad de carga y alto consumo de combustible. De igual forma en el caso del agua se logran alcanzar niveles aceptables de consumo dado que los mayores volúmenes de consumo se producen en la industria de reciclaje donde se recicla el agua aun cuando los niveles de consumo en el resto de los actores de la cadena son elevados. En lo relativo a la electricidad el propio proceso de reciclaje del agua en la industria y

la tecnología deficiente de los otros actores, unido a la carencia de medidas de control eléctrico como el control del factor de potencia y los bancos de capacitores, generan el comportamiento deficiente.

Del análisis de las tablas 7 y 8 se infiere que en el proceso de reciclaje se logran niveles satisfactorios de consumo de materiales utilizados en el proceso de reciclaje, lo que ocurre fundamentalmente en la industria donde se cuenta con la tecnología adecuada para el desarrollo de las operaciones. Sin embargo, el volumen de componentes procesados para la recuperación solo alcanza niveles satisfactorios, esto obedece a que no se logra incorporar al proceso de recuperación refrigeradores que se deben recuperar pero que los dueños aun no la entregan.

Tabla 7. Materiales utilizados en el proceso de tratamiento de metales (kg/año)

Material	ER	ED	Evaluación
NaCl	1355,57	1812,65	Satisfactorio
Na ₂ CO ₃	1411,96	1888,05	Satisfactorio
Sulfato de aluminio	88,38	118,19	Satisfactorio
Piedra caliza	7,75	8,70	Satisfactorio

Tabla 8. Volumen de componentes a procesar (kg/año)

Material	ER	ED	Evaluación
Acero	147544	148286	Aceptable
Hierro	14644	14717	Aceptable
Cobre	15169	16129	Aceptable
Aluminio	6806	6840	Aceptable
Plásticos	71376	71735	Aceptable
Poliuretano	19782	19882	Aceptable
Vidrio	6137	6308	Aceptable

En lo referente de los niveles de contaminación al aire (tabla 9), se logran controlar los niveles de emisión de sustancias nocivas, de manera que todos alcanzan valores por debajo del deseado, resultando en un comportamiento satisfactorio a no ser en la emisión de olores y humo en los que no se dispone de métodos de medición y por convenio se asumió el valor unitario. Comportamiento similar se observa en lo relativo a la contaminación del agua (Tabla 10), donde los parámetros bajo control resultan satisfactorios o aceptables. Estos comportamientos en general también obedecen a las

medidas de control ambiental implementadas por la industria que es la que predomina por sus niveles de producción en estas emisiones.

Tabla 9. Emisiones al aire de contaminantes

Emanaciones	ER	ED	Evaluación
Olores	1.0	1.0	Aceptable
Humo	1.0	1.0	Aceptable
SO _x (mg/m ³)	0,69	0,88	Satisfactorio
CO (mg/m ³)	9,15	11,75	Satisfactorio
HCl (mg/m ³)	0,23	0,30	Satisfactorio
NO _x (mg/m ³)	4,40	5,65	Satisfactorio
Polvo (mg/m ³)	1,16	1,49	Satisfactorio

Tabla 10. Emisiones al agua de contaminantes

Sustancias	ER	ED	Evaluación
pH	7,40	7.4	Aceptable
COD (mg/m ³)	1,01	1,29	Satisfactorio
SS (mg/m ³)	2,43	3,12	Satisfactorio
N-H (mg/m ³)	0,26	0,33	Satisfactorio
Zn (mg/m ³)	0,02	0,02	Aceptable

Similar al comportamiento de las variables anteriores se comporta la contaminación al suelo (tabla 11) donde, en todas las variables controladas, se alcanzan niveles satisfactorios condicionados de igual forma por las condiciones tecnológicas y de gestión que imperan en la industria.

Tabla 11. Residuos contaminantes al suelo

Componentes	ER	ED	Evaluación
Resina plástica	40288,4	51725,6	Satisfactorio
Polvo	372,7	478,5	Satisfactorio
Lodo	1716,8	2204,2	Satisfactorio
Ceniza	988,3	1268,9	Satisfactorio

Tabla 12. Mediciones de la dimensión económica (\$/año)

Rubros	ER	ED	Evaluación
Ingresos	99536	113715	Deficiente
Costos de materiales	19105	19739	Aceptable
Costos de energía	30564	23421	Deficiente
Sueldo de	22743	30324	Satisfactorio

RRHH			
Costos de combustibles	49500	47977	Aceptable

En medición de las variables económicas se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 12.

Como se observa, los ingresos resultan deficientes lo que responde a varias razones; primero porque la misión fundamental de la industria no responde a una meta económica sino ecológica, aunque no presupone las pérdida. Además, los recicladores no logran alcanzar los niveles de recolección deseados, mientras en el caso de los talleres estos poseen una cartera de productos mucho más amplia que se encargan de amortiguar los efectos de los altos costos del reciclaje de los refrigeradores y concentran sus ingresos en otros productos. Los costos de materiales y combustibles, aun cuando superan lo planificado, no lo hacen en más de un 10% por lo que se consideran aceptable. En lo relativo a los costos de salario, si bien desde el punto de vista económico son satisfactorios pues disminuyen gastos, desde el punto de vista social son negativos pues afectan los ingresos de los trabajadores. Los costos de la energía son deficientes por las razones explicadas cuando se analizó el comportamiento del consumo de energía eléctrica.

En las variables sociales se lograron los resultados mostrados en la tabla 13

Tabla 13. Medición de las variables de la dimensión social (%)

Satisfacción con:	ER	ED	Evaluación	Variables	ER	ED	Evaluación
Contenido de trabajo	3	80	Deficiente	Capacitación	67	80	Satisfactorio
Condiciones de trabajo	48	80	Deficiente	Relaciones con la comunidad	64	80	Satisfactorio
Estimulación en el trabajo	53	80	Deficiente	Menores de edad en el trabajo	92	0	Deficiente
Condiciones de bienestar	77	80	Deficiente	Accidentes de trabajo	13	0	Deficiente
Servicios de seguros de vida	48	80	Deficiente	Enfermedades profesionales	3,8	0	Deficiente
Comunicación empresarial	77	80	Satisfactorio	Empleos generados	394	400	Aceptable
Participación en el trabajo	52	80	Satisfactorio				

Del análisis de las variables de la dimensión social y su comparación con el resto de las dimensiones resulta evidente que esta dimensión es la que presenta un estado más desfavorable al encontrarse la mayoría de los indicadores evaluados como deficientes y existir algunos que se consideran inamisibles como es el caso de menores de edad trabajando o la existencia de condiciones de accidentes o enfermedades asociadas al trabajo. Los accidentes más comunes se relacionan con golpes, quemaduras, heridas en las diversas partes del cuerpo producto a la existencia de condiciones de trabajo inseguras como el mal diseño de los puestos de trabajo o la no existencia de medios de protección, además se conoce de la existencias de enfermedades relacionadas con el trabajo. Los menores de edad trabajando se observan en lo fundamental en el grupo de actores de la cadena considerados como recolectores independientes en los que resulta muy difícil establecer el control sobre esta violación, puesto que los mismos laboran por lo general en condiciones de deambulantes. Estas condiciones desfavorables se acentúan fundamentalmente entre los trabajadores individuales y artesanales puesto que son los que cuentan con menos recursos para asegurar un estado más favorable de los indicadores y la dimensión y en los que en la dimensión económica se identificó que los ingresos personales de estos resultan muy bajos.

Evaluación de las variables y dimensiones e integración de los resultados

En función de los resultados comentados para cada una de las variables y siguiendo las orientaciones metodológica establecidas en los pasos 5 y 6 se logró determinar el estado general de la integración. Los resultados generales se muestran en la Figura 3.

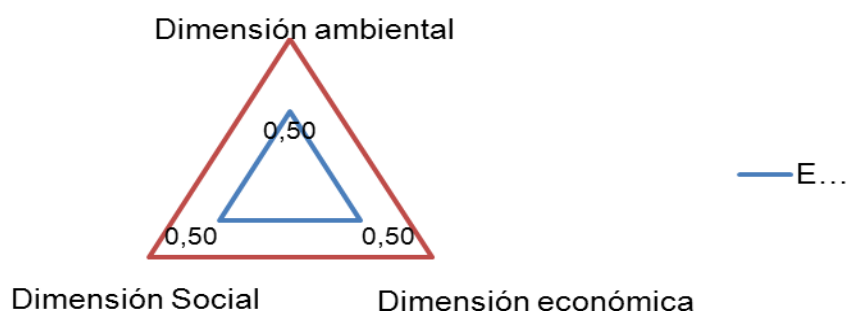


Figura 3. Comportamiento integrado de la sostenibilidad

Aplicando la expresión para determinar la sostenibilidad establecida en la metodología se estableció la existencia de un nivel integrado de la sostenibilidad de 0,51 lo que se considera muy bajo considerando que este indicador es representativo del grado de integración de los beneficios económicos, ambientales y sociales y apenas alcanza el valor medio de la escala establecida en base a la unidad, donde el menor estado deseado admisible sería de 0.75.

CONCLUSIONES

Una vez concluida la investigación se arribó a las conclusiones siguientes:

1. La búsqueda de la sostenibilidad es una necesidad apremiante de las sociedades actuales, las que deben garantizar su desarrollo actual y bienestar futuro a través de la búsqueda del equilibrio entre el desarrollo económico, social y ambiental.
2. El desarrollo de cadenas logísticas inversas constituye un buen intento en aras de contribuir a la sostenibilidad de modo integral. En este sentido la aplicación de la cadena logística inversa para el reciclaje de refrigeradores en Ecuador es una contribución loable al logro de la sostenibilidad del país, la región y el planeta.
3. La aplicación de la metodología permitió constatar que si bien existen avances en la dimensión ambiental alcanzando mayoritariamente los estados deseados de esta dimensión, no se logran resultados favorables en la dimensión económica donde resultan más afectados los recicladores independientes. De igual forma las variables de la dimensión social en su mayoría son deficientes, afectando de igual forma generalmente a los recicladores independientes.
4. Si bien el comportamiento de la dimensión social y económica pudiera mejorar si la cadena se desarrollara sin considerar a los recicladores independientes, esto tendría un impacto negativo en la generación de empleo e ingreso para los recicladores y familiares por lo que no debe ser la solución deseada, más bien el desarrollo de una combinación que busque por métodos matemáticos la solución óptima en este sentido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amann, M.; Roehrich, J., Essig, M., Harland, C. (2014). Driving Sustainable Supply Chain Management in the Public Sector: The Importance of Public Procurement in the European Union. *Supply Chain Management* · 19 (3), 351-366.
- Arnette, A., Brewer; B. Choal, L. (2014). Design for sustainability (DFS): the intersection of supply chain and environment. *Journal of Cleaner Production*. 83.
- Bruna, M., Gomes, M., Carvalho, A., Barbosa-Povoa, A. (2014). Towards supply chain sustainability: economic, environmental and social design and planning. *Journal of Cleaner Production*, 105 (15), 14–27.
- Cagno, E., Magalini, F., Trucco, P. (2008). Modelling and planning of product recovery network: The case study of end of life refrigerators in Italy. *Int. J. Environmental Technology and Management*, 8 (4), 385-406.
- Cespón M., Cespón, Castro, R. y Rubio, M. (2015). Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24 (1), 135-148.
- Collins, G., Ngwakwe, C. (2014). Environmental management practices for sustainable development: agenda for harmonization. *Environmental Economics*, 5 (1).
- Faccio, M., Persona, A.; Sgarbossa, F. y Zanin, G. (2014). Sustainable SC through the complete reprocessing of end-of-life products by manufacturers: A traditional versus social responsibility company perspective. *European Journal of Operational Research*. 233 (2), 359–373.
- Foelster, A., et al. (2016). Electronics recycling as an energy efficiency measure e a Life Cycle Assessment (LCA) study on refrigerator recycling in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 119.
- Giacomo, A., Falcone, T. De Luca, S., Giuseppa R., Gulisano, G. (2016). Assessment of Environmental and Economic Impacts of Vine-Growing Combining Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing and Multicriterial Analysis. *Sustainability*. 8(8), 793.

- Gómez R., Zuluaga A. y Correa A. (2014). Propuesta de sistema de logística inversa para el sector hospitalario: un enfoque teórico y práctico en Colombia. *Ing. USBMed*, 5(1), 35-52.
- Guarnieri S., Levino, S. (2016). Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. *Journal of Cleaner Production* doi: 10.1016/j.jclepro.2016.06.025.
- Junbeum, K., Yongwo, H., Scott, H. (2004). Methodology for Recycling Potential Evaluation Criterion of Waste Home Appliances Considering Environmental and Economic Factor Electronics and the Environment. Conference Record. EEE International Symposium
- Korchi, A., Millet, D. (2011). Designing a sustainable reverse logistics channel: the 18 generic structures. *Journal of Cleaner Production*, 19(6), 588–597.
- M. Dotoli; N. Epicoco; & M. Falagario. (2016). A fuzzy technique for supply chain network design with quantity discounts. *International Journal of Production Research*.
- Miyamaru, E., Seo, Noschese, N. (2011). Sustentabilidade Na Gestão De Resíduos Sólidos: Panorama Do Segmento Eletro Eletrônicos. *Revista de Saude e Meido Ambiente e Sustentabilidade*, 6 (3).
- Popescu C. (2016). Management of waste electrical and electronic equipment in Romania. *A mini-review. Waste Management & R Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 14, may. 2015, 264-269.
- Silva, F., Alves, I., Xavier; L. Cardoso R. (2010). Gestão de resíduos eletroeletronicos: proposta para implementação de sistema de logística reversa de refrigeradores no Brasil. III Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. II Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos.
- Spiegel, T., Medeiros-Vasconcelos, P.; Porto, D. & Mansur, C. (2014). Supply Chain Integration Researches: An Overview of the Field Supply chain management, 3(1), 2050-7399.
- Vega, L., Marrero, Fornaris, C., Pérez-Pravia, M. (2016). Contribución a la logística inversa mediante la implantación de la reutilización por medio de las redes de Petri. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25 (1), 154-169.

Xiao, R. You Zhang, X. (2015) A life-cycle assessment of household refrigerators in China. *Journal of Cleaner Production*, 95, 301-310.

Síntesis curricular de los Autores

Omar Cevallos-Muñoz: ocevallos@uteq.edu.ec

Profesor de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ecuador. Graduado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ecuador), Master en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos. Graduado en la Universidad Politécnica de Catalunya (España). Posee más de 20 años de experiencia en la educación superior.

René Abreu-Ledón: rabreu@uclv.edu.cu Profesor de la Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu” Cuba. Graduado en la Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu” (Cuba), Doctor en Ciencias Técnicas de Ingeniería Industrial. Graduado en la Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu” (Cuba). Posee más de 14 años de experiencia en la educación superior.

Institución de los autores.

Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ecuador *

Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu” **

Fecha de Recepción: 23 de diciembre de 2016

Fecha de Aprobación: 19 de junio de 2017

Fecha de Publicación: 31 de julio de 2017