

DOI: <https://doi.org/10.56124/finibus.v6i11.0002>

Análisis de las variables de un modelo de logística inversa aplicable a Pymes mediante Analytic Network Process

Peñafiel-Vera Jordy¹; Burgos-Santana Alejandro ², Zavala-Alcívar Antonio Xavier³, Solís-Bravo Hugo ⁴

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura
Correo: e1313511873@live.uleam.edu.ec

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura.
Correo: e1350980783@live.uleam.edu.ec

³Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Docente.
Correo: antonio.zavala@uleam.edu.ec

⁴Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Facultad de Ciencias Administrativas, Contables y Comercio. Docente.
Correo: hugo.solis@uleam.edu.ec

RESUMEN

El elevado y rápido crecimiento poblacional aumenta el consumo de productos, ocasionando la generación de residuos, malestares ambientales y preocupación social por sus impactos negativos. Esta problemática lleva a la industrias a la búsqueda de soluciones, siendo la logística inversa una de las que más ha llamado la atención en los últimos años. Esta investigación, partiendo de un estudio de la bibliografía existente, analiza las variables necesarias para la implementación de un programa de logística inversa en Pymes, basado un modelo Analytic Network Process (ANP) como método de toma de decisión multicriterio (MCDM) y uso del software “Super Decisions V3.2”. Los resultados mostraron la deficiencia aún en el manejo de la logística inversa por parte de las Pymes, siendo la mejor alternativa la contratación de una empresa especializada en este tipo de servicios.

Palabras clave: logística inversa, sostenibilidad, MCDM, ANP, Pymes.

ABSTRACT

"The high and rapid population growth increases product consumption, leading to waste generation, environmental discomfort, and social concern due to their negative impacts. This issue prompts industries to seek solutions, with reverse logistics being one of the most prominent in recent years. This research, based on a study of existing literature, analyzes the variables necessary for implementing a reverse logistics program in SMEs, using an Analytic Network Process (ANP) model as a multicriteria decision-making (MCDM) method and the 'Super Decisions V3.2' software. The results showed a deficiency in reverse logistics management by SMEs, with the best alternative being the hiring of a specialized company in this type of services."

Keywords: reverse logistics, sustainability, MCDM, ANP, SMEs

Recibido: 23/03/2023 - Revisado: 20/05/2023 - Aceptado: 05/06/2023

1. INTRODUCCIÓN

El elevado y rápido crecimiento poblacional ha dejado como consecuencia el aumento de consumo de productos, lo que a su vez ocasiona la generación de residuos (Valderrama Ocoró *et al.*, 2018). Este aumento de residuos causa malestares ambientales y preocupación social, lo que ha llevado a muchas industrias, como parte de su responsabilidad social a la búsqueda de soluciones, siendo la logística inversa una de las que más ha llamado la atención en los últimos años (Kaynak, Koçoğlu and Akgün, 2014).

Mallick *et al.* (2023) describen a la logística inversa como una práctica mediante la cual las organizaciones recuperan productos de los consumidores finales con el fin de reducir el efecto ecológico adverso y obtener beneficios potenciales de la reutilización y el reciclaje de un producto completo o sus partes. La aplicación de la logística inversa busca mejorar el manejo de los distintos flujos de información, productos y subproductos, con el fin de sacar su mayor provecho al poder reducir costos, mejorar la relación entre cliente y proveedor, cumplir con la legislación y disminuir el impacto ambiental (Ding, Wang and Chan, 2023). La logística inversa busca la recuperación de aquellos materiales que ya no cumplan la función de satisfacer al usuario y así lograr generar ingresos mediante su venta o reutilización, contribuyendo a los criterios de sostenibilidad y resiliencia de la cadena de suministro (Zavala-Alcívar, Verdecho and Alfaro-Saíz, 2020).

La presente investigación busca determinar, mediante una revisión bibliográfica de la literatura, las variables más utilizadas entre distintos autores para la aplicación de un modelo de logística inversa, que junto a la construcción de un modelado de análisis de decisión de multicriterio (MCDM), ayudará a la toma de decisión frente a las distintas alternativas a considerar al momento de implementar logística inversa en las industrias. Para la resolución de la problemática se optó por el modelo multicriterio Analytic Network Process (ANP). El uso del ANP como técnica de toma de decisiones multicriterio permite analizar las dependencias internas y externas de las variables y, su influencia en las alternativas a elegir (Cortés Pellicer and Alarcón Valero, 2018).

La investigación está estructurada de la siguiente forma. Un apartado que

describe la metodología. Otro apartado con la aplicación del método y aplicación en una Pymes. Y finalmente las conclusiones a lo que llega la investigación.

2. METODOLOGÍA

Una revisión sistemática de la literatura (RSL) es una metodología robusta para analizar investigaciones académicas, y servir como partida de otras técnicas matemáticas aplicables. Esta investigación combina RSL con Proceso Analítico Jerárquico (ANP) para determinar las variables más utilizadas que permita aplicar un modelo de logística en Pymes. La proceso desarrollado es el siguiente:

- Revisión Inicial de la Literatura (RSL): mediante una búsqueda en *Scopus* y *Web of Science* se identificaron las principales investigaciones que relacionan las variables analizadas. Se obtuvieron 35 documentos dentro de esta búsqueda.
- Criterios de inclusión y revisión: a la base de investigaciones se le aplicó los siguientes criterios: desde el 2005 al 2022, revista de revisión por pares, idioma inglés, aplicación de alguna metodología matemática que relaciona criterios /variables sobre logística inversa. Este proceso permitió escoger 11 documentos finales para esta investigación. La tabla 1 muestra estas investigaciones.

Tabla 1. Principales investigaciones sobre ANP y Logística Inversa (Scopus – Web of Science 2005-2022).

Autores	Título	Objetivo
(Ravi, Shankar and Tiwari, 2005)	Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach	Realizar procesos de logística inversa de equipos EOL para el proceso de negocio crítico definido como 'realizar operaciones'.
(Ravi, Shankar and Tiwari, 2005)	Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach.	Ofrecer una visión holística de los diversos criterios que afectan la logística inversa operaciones para computadoras EOL.
(Barker and Zabinsky, 2011)	A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process	Presentar un modelo de decisión multicriterio utilizando la metodología AHP que establecer preferencias generales entre ocho redes alternativas configuraciones.
(Senthil, Srirangacharyulu and Ramesh, 2012)	A decision-making methodology for the selection of reverse logistics operating channels	Proponer la similitud con la solución ideal (TOPSIS) en un entorno difuso para la selección y evaluación de canales operativos de logística inversa.
(Kaynak, Koçoğlu and Akgün, 2014)	The Role of Reverse Logistics in the Concept of Logistics Centers	Abordar el vacío de literatura identificando las barreras enfrentadas en la adopción de RL y los respectivos esquemas de superación proporcionados por las LC.

(Guimarães and Salomon, 2015)	ANP applied to the evaluation of performance indicators of reverse logistics in footwear industry	Presentar una evaluación del orden de prioridad de los indicadores de logística inversa en una pequeña empresa del clúster de calzado en la región de Cariri en el estado de Ceara, Brasil.
(Rezaei, 2015)	A systematic review of multi-criteria decision-making applications in reverse logistics	Analizar cuáles son los temas más buscados sobre logística inversa y los modelos multicriterio más utilizados.
(Cortés Pellicer and Alarcón Valero, 2018)	Identification of Reverse Logistics Decision Types from mathematical Models	Analizar los modelos matemáticos diseñados como herramientas de ayuda a la toma de decisiones en el ámbito de la RL.
(Li et al., 2018)	Third-party Reverse Logistics Provider Selection Approach Based on Hybrid-Information MCDM and Cumulative Prospect Theory	Ofrecer información a los gerentes para la subcontratación 3PRLP.
(Zarbakshnia et al., 2020)	A novel hybrid multiple attribute decision-making approach for outsourcing sustainable reverse logistics	Proponer un modelo de decisión multicriterio utilizando la metodología AHP que establecer preferencias generales entre ocho redes alternativas configuraciones.
(Song et al., 2022)	Selection of Third-Party Reverse Logistics Service Provider Based on Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Decision Making	Proponer la selección científica de un proveedor externo de servicios de logística inversa (3PRLP).

- Taxonomía de criterios sobre logística inversa: con los documentos finales, se enlistado los principales criterios analizados por la literatura científica. Se establecieron 9 criterios/elementos organizados en 4 clústeres. La tabla 2 enlista estos criterios.

Tabla 2. Clúster y criterios/elementos de decisión para el modelo.

Clúster	Elemento de decisión	Descripción
Factor económico	Inversión	Al ser las pymes negocios en pleno desarrollo, siempre el factor económico influirá para realizar algún tipo de inversión en infraestructura y maquinaria, mucho más si no se tiene el suficiente conocimiento si este será rentable o no.
	Costo de operación	Las pymes toman en cuenta que para el proceso de recolección, transporte y procesamiento conlleva un elevado gasto para el cual debe contar los recursos necesarios para mantener la operatividad de este programa de logística inversa
	Rentabilidad	Una de las principales razones que buscan las pymes es la rentabilidad que la aplicación de este programa de logística inversa puede ofrecerle.
	Riesgo	Como toda inversión tiene su riesgo, invertir en un programa de logística inversa no es la excepción, es por esto la importancia de escoger adecuadamente los criterios que influyen en las decisiones a tomar y el buen asesoramiento de profesionales para que dicho riesgo se disminuya, debido a que es imposible eliminarlo.
Factor ambiental	Impacto ambiental	La recuperación de los estos productos considerados muchas veces como basura pueden disminuir la contaminación ambiental disminuir la explotación de los

		recursos no renovables que se usan como materia prima para la elaboración de los mismos
Factor social	Responsabilidad social	Servir como ejemplo puede ser beneficioso para las personas que ven como buen ejemplo este tipo de propuestas, volviéndose participes de la misma, aportando con la clasificación de residuos, reciclaje, reutilización de residuos PET los cuales suelen ser parte del día a día de las personas.
	Imagen empresarial	Mostrar preocupación y responsabilidad con el medio ambiente genera una buena imagen ante los clientes y proveedores, mejorando así su relación y generando más confianza.
	Creación de empleo	Al invertir en un programa de logística inversa, se genera mayor oportunidad de empleo, por lo que brinda una mejor calidad de vida para muchas personas.
Factor legal	Normativa ambiental/manejo de recursos	Cumplir con las normativas y leyes ambientales es de suma importancia, ya que estas son obligaciones que tienen las empresas, sobre todo lo relacionado al ámbito ambiental.

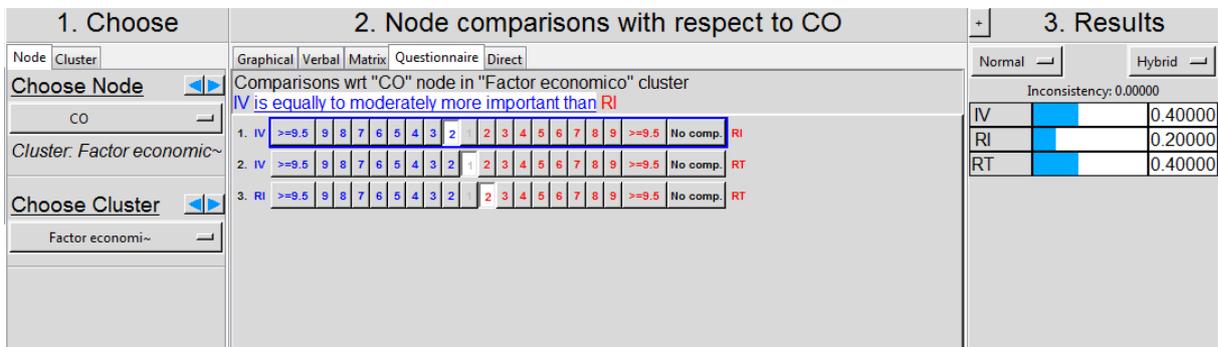
- Selección de grupo de expertos: se seleccionó a 6 personas propietarias de Pymes de la ciudad de Manta en Ecuador, interesados en la implementación de un modelo de logística inversa. Adicional, se estableció un grupo de 3 profesionales académicos con experiencia en el área de logística.
 - Determinación de alternativas: el grupo de experto planteó las siguientes alternativas:
 - Realizar 50% del programa de logística inversa mediante outsourcing y 50% propio. Esta alternativa permite que la Pyme tenga la opción de subcontratar la mitad del programa de logística inversa y hacerse cargo del resto.
 - Realizar en su totalidad el programa de logística inversa mediante outsourcing. Con esta alternativa las pymes pagarían el total del programa de logística inversa a otra empresa dedicada a esta actividad, evitando la inversión en infraestructura, personal y costos de operación.
 - Hacerse cargo totalmente de su programa de logística inversa: Con esta alternativa las pymes se comprometerían a hacerse cargo totalmente en todos los ámbitos del programa de logística inversa.
- Se estableció un clúster destinado solo para las alternativas a elegir de acuerdo con los criterios establecidos, donde se podrá optar de acuerdo con los criterios de mayor prioridad.
- Aplicación de la encuesta al grupo de expertos: se aplicaron encuestas,

que constan de un valor en el rango de 1 a 9, siendo 9 una preferencia extrema de un criterio sobre otro y 1 es una preferencia igual. La tabla 3 muestra los valores lingüísticos de preferencia.

Tabla 3. Criterios de preferencia en la encuesta.

Valor	Preferencia
1	Igual de importancia
3	Importancia moderada
5	Importancia grande
7	Importancia muy grande
9	Importancia extrema
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores

La figura 1 muestra la relación de la encuesta aplicada con el software Super Decisions V3.2 aplicado.



The screenshot displays the Super Decisions V3.2 interface. On the left, under '1. Choose', the 'Node' is set to 'CO' and the 'Cluster' is 'Factor economic~'. The main area, '2. Node comparisons with respect to CO', shows a comparison matrix for nodes IV, RI, and RT. The matrix values are: IV vs IV: 1, IV vs RI: 9.5, IV vs RT: 9.5, RI vs IV: 9.5, RI vs RI: 1, RI vs RT: 9.5, RT vs IV: 9.5, RT vs RI: 9.5, RT vs RT: 1. The results section on the right shows an inconsistency of 0.00000 and priority indices: IV = 0.40000, RI = 0.20000, and RT = 0.40000.

Figura 1. Cuestionario en el Software “Super Decisions V3.2”

- Procesamiento de la información: los datos numéricos recolectados mediante encuestas fueron procesados y analizados mediante el software “Super decisions V3.2”, software de toma de decisiones basado en el proceso de red analítica (ANP). En toma de decisiones se busca establecer prioridades para tomar la mejor decisión. Para esto una vez insertada las variables y alternativas al programa, este brindará encuestas para priorizar una variable sobre otra. Esto permit realizará un análisis general de la influencia existente entre variables para escoger una alternativa como la más viable.

Para facilitar el entendimiento de los elementos de decisión al ser ingresados en el software “Super Decisions V3.2” se optó por abreviar los distintos términos. La siguiente tabla los describe.

Tabla 4. Abreviatura de los elementos de decisión.

Elemento de decisión	Abreviación	Elemento de decisión	Abreviación
Alternativa 1 (outsourcing 50%)	A1	Factor ambiental	FA
Alternativa 2 (outsourcing 100%)	A2	Impacto ambiental	IA
Alternativa 3 (Programa propio)	A3	Factor social	FS
Factor económico	FE	Responsabilidad social	RS
Inversión	IV	Imagen empresarial	IE
Costo de operación	CO	Creación de empleo	CE
Rentabilidad	RT	Factor legal	FL
Riesgo	RI	Normativa ambiental	NA

Una vez planteados los elementos de decisión, se deberá determinar la existencia de dependencia internas y externas entre elementos de decisión y clúster, esto se lo realizó mediante la comparación de la información bibliográfica utilizada. Esto se lo realizó de forma gráfica mediante el software “Super decisions V3.2”.

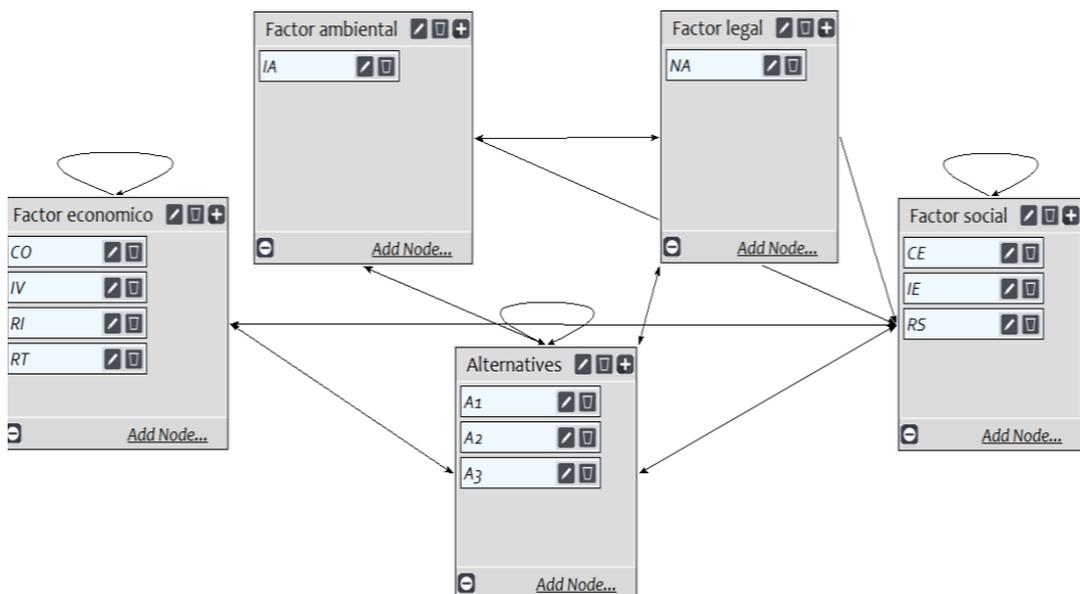


Figura 2. Modelado ANP. Software “Super Decisions V3.2”

3. RESULTADOS

3.1 Súper matriz original

Se realizaron las comparaciones mediante el cuestionario ofrecido por el software, con un ratio de consistencia entre ellas menor a 0.1, y así lograr extraer la súper matriz original (Unweighted Supermatrix) que observamos en la tabla.

Tabla 5. Súper matriz original. Software “Super Decisions V3.2”

	A1	A2	A3	IA	CO	IV	RI	RT	NA	CE	IE	RS
A1	0.00000	0.90000	0.10000	0.33333	0.19907	0.23704	0.19907	0.22905	0.33333	0.22273	0.21717	0.33333
A2	0.90000	0.00000	0.90000	0.33333	0.73338	0.69861	0.73338	0.07543	0.33333	0.07015	0.06577	0.33333
A3	0.10000	0.10000	0.00000	0.33333	0.06754	0.06434	0.06754	0.69552	0.33333	0.70712	0.71706	0.33333
IA	1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO	0.11111	0.03924	0.17602	0.00000	0.00000	0.14286	0.11111	0.10000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
IV	0.22222	0.25952	0.24545	0.00000	0.30769	0.00000	0.44444	0.30000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
RI	0.22222	0.25952	0.28098	0.00000	0.15385	0.42857	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
RT	0.44444	0.44173	0.29755	0.00000	0.30769	0.42857	0.44444	0.60000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NA	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CE	0.63371	0.12601	0.70097	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
IE	0.17437	0.41606	0.10615	0.50000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20000	0.00000	0.00000	1.00000
RS	0.19192	0.45793	0.19288	0.50000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.80000	0.00000	0.00000	0.00000

3.23 Súper matriz ponderada

El software automáticamente nos arroja el valor se la super matriz. Una matriz estocástica en la que la suma de cada una de sus columnas debe ser igual a 1. La tabla 6 muestra los valores.

Tabla 6. Súper matriz ponderada. Software “Super Decisions V3.2”

	A1	A2	A3	IA	CO	IV	RI	RT	NA	CE	IE	RS
A1	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601	0.07601
A2	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083	0.10083
A3	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077	0.09077
IA	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882	0.08882
CO	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973	0.05973
IV	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431	0.13431
RI	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226	0.08226
RT	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893	0.25893
NA	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249	0.06249
CE	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321	0.01321
IE	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846	0.01846
RS	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419	0.01419

3.3 Súper matriz limite

Otra matriz que nos brinda el software es la matriz límite. Esta matriz es la multiplicación de la matriz ponderada innumerables veces hasta que los valores de toda la columna sean iguales. Esta aporta una visión global de la importancia individual de cada elemento de la red (Tabla 7).

Tabla 7. Súper matriz limite. Software “Super Decisions V3.2”

	A1	A2	A3	IA	CO	IV	RI	RT	NA	CE	IE	RS
A1	0.00000	0.15592	0.01733	0.20000	0.04349	0.04741	0.03981	0.04581	0.14815	0.14367	0.21717	0.11832
A2	0.15592	0.00000	0.15592	0.20000	0.16023	0.13972	0.14668	0.01509	0.14815	0.04525	0.06577	0.11832
A3	0.01733	0.01733	0.00000	0.20000	0.01476	0.01287	0.01351	0.13911	0.14815	0.45611	0.71706	0.11832
IA	0.22814	0.22814	0.22814	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.44444	0.00000	0.00000	0.00000
CO	0.04567	0.01613	0.07235	0.00000	0.00000	0.11429	0.08889	0.08000	0.00000	0.35497	0.00000	0.00000
IV	0.09134	0.10666	0.10088	0.00000	0.26891	0.00000	0.35556	0.24000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
RI	0.09134	0.10666	0.11549	0.00000	0.13445	0.34286	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
RT	0.18267	0.18155	0.12229	0.00000	0.26891	0.34286	0.35556	0.48000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NA	0.13395	0.13395	0.13395	0.30000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CE	0.03400	0.00676	0.03761	0.00000	0.10924	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
IE	0.00936	0.02232	0.00570	0.05000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02222	0.00000	0.00000	0.64503
RS	0.01030	0.02457	0.01035	0.05000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.08889	0.00000	0.00000	0.00000

3.4 Prioridades

En la columna *Normalized by cluster* está representada por cada elemento perteneciente a un mismo clúster y que la suma de todos los valores pertenecientes a un clúster debe sumar 1. Mientras que la columna *limiting* es más global y se refiere a los pesos de todos elementos en función al problema de decisión y el cual debe dar un valor total de 1, incluyendo los de las alternativas. Se puede observar que la rentabilidad es la variable con mayor ponderación de todos los elementos (Figura 3).

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	A1	0.28402	0.076005
No Icon	A2	0.37678	0.100826
No Icon	A3	0.33920	0.090769
No Icon	IA	1.00000	0.088824
No Icon	CO	0.11159	0.059726
No Icon	IV	0.25093	0.134305
No Icon	RI	0.15369	0.082257
No Icon	RT	0.48379	0.258932
No Icon	NA	1.00000	0.062491
No Icon	CE	0.28791	0.013205
No Icon	IE	0.40259	0.018465
No Icon	RS	0.30950	0.014195

Figura 3. Normalized by Cluster and Limiting. Software “Super Decisions V3.2”

3.5 Escenario

En la figura 4a. se puede observar que, si la rentabilidad fuera la variable con mayor peso, la alternativa 3 sería la de mayor conveniencia. Sin embargo, si el peso de esta variable disminuye a la mitad, se puede observar en la figura 5b. Como la alternativa 2 toma una ligera ventaja.

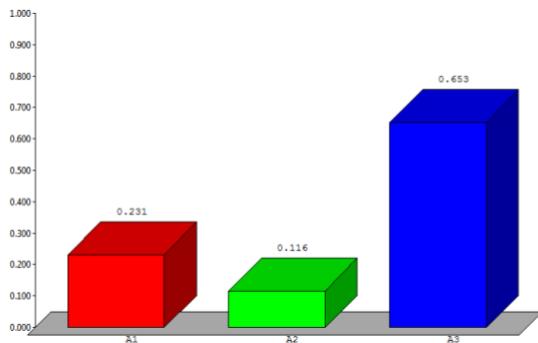


Figura 4a. Mejor alternativa con RT 100%.
50%

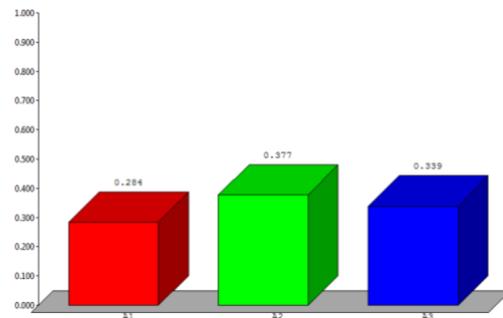


Figura 4b. Mejor alternativa con RT 50%

3.6. Análisis General

El reporte que nos brinda el programa, una vez ejecutadas las comparaciones pareadas, refleja que la mejor alternativa para que las Pymes puedan aplicar un programa de logística inversa es la alternativa 2 con un 37.67%, la cual consiste en tercerizar el 100% de su programa logístico inverso, permitiendo así el ahorro en costos de operación, disminuyendo la inversión y el riesgo.

También se tiene la alternativa 1 en la cual consiste en hacerse cargo totalmente

del programa de logística inversa con el 33.92%, siendo rentable a largo plazo, permitiendo la creación de empleo, mejorando la imagen empresarial y cumpliendo con la normativa ambiental y el cuidado del medio ambiente.

Finalmente se tiene la alternativa 1 que consiste en tercerizar el 50% del programa de logística inversa y el otro 50% propio, la posible razón por la que esta es la menos atractiva es que para llevarse a cabo, debe realizarse inversión y costos de operación, dejando una menor rentabilidad a largo plazo con un elevado riesgo. A continuación, se muestra de forma gráfica los rankings de alternativas brindado por el Software Super Decisions V3.2 (Figura 5).

Alternative Rankings

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	A1	0.0760	0.2840	0.7538	3
	A2	0.1008	0.3768	1.0000	1
	A3	0.0908	0.3392	0.9003	2

Figura 5. Rankings de alternativas. Software “Super Decisiones V3.2”

4. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron una falta de eficiencia en la gestión de la logística inversa por parte de las pequeñas y medianas empresas (Pymes). Esto sugiere que muchas de estas empresas no están aprovechando al máximo las oportunidades que ofrece la logística inversa en términos de reducción de costos, mejora de la imagen empresarial y cumplimiento de normativas ambientales. De la revisión sistemática de la literatura se enlistaron 9 criterios/elementos principales a evaluar para la implementación de logística inversa en las Pymes: inversión, costo de operación, rentabilidad, riesgo, impacto ambiental, responsabilidad social, imagen empresarial, creación de empleo y normativa ambiental/manejo de recursos. Estos elementos fueron agrupados en 4 clúster para su análisis.

Considerando las ponderaciones comparativas del grupo de experto, se establecieron tres alternativas, siendo la tercerización completa del sistema de logística inversa, la más viable. Esto se fundamenta en el ahorro en costos de operación, la reducción de la inversión inicial y el riesgo asociado, lo cual puede

resultar especialmente atractivo para empresas con recursos limitados. Se debe recalcar que la implementación de un programa de logística inversa no garantiza el éxito de este, sobre todo si consideramos que quienes las aplicaran son Pymes que cuentan con muy poca experiencia y con bajo capital.

REFERENCIAS

- Barker, T. J. and Zabinsky, Z. B. (2011) ‘A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process’, *Omega*, 39(5), pp. 558–573. doi: 10.1016/j.omega.2010.12.002.
- Cortés Pellicer, P. and Alarcón Valero, F. (2018) ‘Identification of reverse logistics decision types from mathematical models’, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(2), p. 239. doi: 10.3926/jiem.2530.
- Ding, L., Wang, T. and Chan, P. W. (2023) ‘Forward and reverse logistics for circular economy in construction: A systematic literature review’, *Journal of Cleaner Production*, 388, p. 135981. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.135981.
- Guimarães, J. L. da S. and Salomon, V. A. P. (2015) ‘ANP Applied to the Evaluation of Performance Indicators of Reverse Logistics in Footwear Industry’, *Procedia Computer Science*, 55, pp. 139–148. doi: 10.1016/j.procs.2015.07.021.
- Kaynak, R., Koçoğlu, İ. and Akgün, A. E. (2014) ‘The Role of Reverse Logistics in the Concept of Logistics Centers’, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 109, pp. 438–442. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.12.487.
- Li, Y.-L. et al. (2018) ‘Third-party reverse logistics provider selection approach based on hybrid-information MCDM and cumulative prospect theory’, *Journal of Cleaner Production*, 195, pp. 573–584. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.213.
- Mallick, P. K. et al. (2023) ‘Closing the loop: Establishing reverse logistics for a circular economy, a systematic review’, *Journal of Environmental Management*, 328, p. 117017. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.117017.

- Ravi, V., Shankar, R. and Tiwari, M. K. (2005) ‘Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach’, *Computers & Industrial Engineering*, 48(2), pp. 327–356. doi: 10.1016/j.cie.2005.01.017.
- Rezaei, J. (2015) ‘A Systematic Review of Multi-criteria Decision-making Applications in Reverse Logistics’, *Transportation Research Procedia*, 10, pp. 766–776. doi: 10.1016/j.trpro.2015.09.030.
- Senthil, S., Srirangacharyulu, B. and Ramesh, A. (2012) ‘A Decision Making Methodology for the Selection of Reverse Logistics Operating Channels’, *Procedia Engineering*, 38, pp. 418–428. doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.052.
- Song, J. *et al.* (2022) ‘Selection of Third-Party Reverse Logistics Service Provider Based on Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Decision Making’, *Systems*, 10(5), p. 188. doi: 10.3390/systems10050188.
- Valderrama Ocoró, M. F. *et al.* (2018) ‘Estudio dinámico del reciclaje de envases pet en el Valle del Cauca’, *REVISTA LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN*, 15(1), pp. 67–74. doi: 10.22507/rli.v15n1a6.
- Zarbakshnia, N. *et al.* (2020) ‘A novel hybrid multiple attribute decision-making approach for outsourcing sustainable reverse logistics’, *Journal of Cleaner Production*, 242, p. 118461. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118461.
- Zavala-Alcívar, A., Verdecho, M.-J. and Alfaro-Saíz, J.-J. (2020) ‘A Conceptual Framework to Manage Resilience and Increase Sustainability in the Supply Chain’, *Sustainability*, 12(16), p. 6300. doi: 10.3390/su12166300.