

Identificación de las barreras a la logística verde en el Valle de Aburrá. Caso de estudio

Identification of barriers to green logistics in the Aburrá Valley. Case study

Recibido: 24-03-2021 • Aprobado: 16-06-2021 • Página inicial: 189 - Página final: 212

Mallely Alexandra Taborda Duque*
Jhonny Camilo Barco Charfuelan**
Juan Gabriel Vanegas López***
Diego Alejandro López Cadavid****

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo identificar las barreras intervinientes en la implementación de la logística verde en las empresas del Valle de Aburrá. Para ello, se estableció un conjunto de barreras divididas en 5 categorías generales y 22 específicas. Posteriormente, se midió la importancia relativa de dichas barreras a través de la perspectiva de 10 empresas encuestadas, aplicando un modelo de análisis jerárquico de procesos para determinar los obstáculos más influyentes y se propuso 5 posibles alternativas de solución. Los resultados destacaron que las barreras asociadas con los costos e inversión de recursos fueron las más restrictivas del conjunto analizado.

Palabras clave: Logística verde, medio ambiente, reciclaje, responsabilidad social.

Abstract: The aim of this study was to identify the barriers to the implementation of green logistics in companies in the Aburrá Valley. For this purpose, a set of barriers divided into 5 general and 22 specific categories was established. Subsequently, the relative importance of these barriers was measured through the perspective of 10 surveyed companies, applying a hierarchical process analysis model to determine the most influential obstacles and 5 possible solution alternatives were proposed. The results showed that the barriers associated with costs and resource investment were the most restrictive of the set analyzed.

Keywords: Green logistics, environment, recycling, social responsibility.

JEL: M14, O14, Q56.

* Profesional en Administración Financiera. Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. Medellín, Colombia. alexat64@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2934-9922>

** Profesional en Administración Financiera. Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. Medellín, Colombia. jhonnyex44@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9241-5200>

*** Economista y MSc. en Economía. Docente e integrante del Grupo de Investigación Research and Enterprise Development (R.E.D) del Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. Medellín, Colombia. jvanegas1@tdea.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1955-0195>

**** Profesional en Negocios Internacionales, Joven Investigador e integrante del Grupo de Investigación Research and Enterprise Development (R.E.D) del Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. Medellín, Colombia. joven.investigador3@tdea.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2221-2381>

Identificação de barreiras à logística verde no Vale do Aburrá. Estudo de caso

Resume: O objetivo deste estudo foi identificar as barreiras para a implementação da logística verde nas empresas do Vale do Aburrá. Para este fim, foi estabelecido um conjunto de barreiras dividido em 5 categorias gerais e 22 categorias específicas. Posteriormente, a importância relativa dessas barreiras foi medida através da perspectiva de 10 empresas pesquisadas, aplicando um modelo de análise hierárquica do processo para determinar os obstáculos mais influentes e 5 alternativas possíveis de solução foram propostas. Os resultados destacaram que as barreiras associadas aos custos e ao investimento em recursos foram as mais restritivas do conjunto analisado.

Palavras-chave: Logística verde, meio ambiente, reciclagem, responsabilidade social.

Introducción

La logística verde puede ser definida como todas las operaciones o actividades de producción, transporte o almacenamiento que una empresa realiza en pro de minimizar el impacto medioambiental, buscando reducir los desperdicios industriales al igual que la emisión de gases de efecto invernadero (Nava y Abreu, 2015). A ello se le suma el hecho de que, ante el deterioro ambiental, han surgido distintas estrategias de sustentabilidad como factor importante para el progreso de una empresa, pues ya no se trata solo de cuidar el medio ambiente, sino también de buscar una rentabilidad implementando la logística inversa en los procesos de las compañías.

Al llevar este concepto al contexto local, se observa que para los habitantes del Valle de Aburrá no es un secreto el aumento de los índices de contaminación en su entorno, los cuales pueden adjudicarse en un 19% a fuentes fijas y un 81% al transporte masivo terrestre, es decir, a fuentes móviles. Un informe del Área Metropolitana del Valle de Aburrá las categoriza según su nivel de contaminación, siendo los camiones los mayores responsables de esta con un 38%; continuando con las volquetas, en un 26%; las motos de 4 tiempos, en 13%; los buses, en un 10%; los autos, con un 8%; los taxis, con 2%; tractocamiones, en 1%; y las motos de 2 tiempos, con 1% (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019). Por otro lado, tanto empresas industriales como empresas de logística diariamente distribuyen sus productos por la ciudad, que después de su uso son desechados en algún vertedero o incluso en lugares no permitidos, sin tener en cuenta que estas podrían ser reutilizadas por completo o algunas de sus partes, es decir, desconocen la posibilidad de reutilizar por medio de un proceso de logística inversa o logística verde.

De acuerdo con lo anterior, han surgido diferentes estudios cuantitativos y cualitativos, debido a que es un problema que está presente en diferentes contextos geográficos. Así, investigadores en países desarrollados han ejemplificado la forma en como esta adversidad ha afectado a sus habitantes debido a las altas cantidades de desechos que se generan diariamente, lo que hace necesaria una cultura de reciclaje en la que cuando los productos terminen su vida útil, algunas de sus partes puedan ser reutilizadas para un nuevo producto, lo que haría que la cantidad de desperdicios sea reducida (Arroyo et al., 2014). Otra medida que se podría implementar para reducir la contaminación, sería imponer restricciones para los vehículos de carga, como por ejemplo restricciones al ingreso a ciertas partes de las ciudades, cobro de peajes o entregas nocturnas, que ya han sido puestas en marcha y han tenido efectos positivos (Tadić et al., 2018).

A partir del panorama mencionado, el objetivo general de este trabajo es identificar las barreras intervinientes en la implementación de la logística verde en las empresas del Valle de Aburrá. Para ello, a través de una revisión de la literatura sobre el tema en cuestión, considerando diferentes autores como Govindan et al. (2014) y Waqas et al. (2018), como puntos de referencia, se identificaron y contextualizaron los obstáculos que conllevan a que empresas de esta zona se les dificulte llevar a cabo este proceso. Una vez identificadas las barreras, se plantea la utilización de la técnica de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), buscando determinar el grado de influencia de estas por medio de su estructura descendente hasta las alternativas de minimización del problema.

Para dar cumplimiento a este propósito, la presente investigación se divide en siete secciones. La primera sección, aborda la introducción general al papel de las barreras en la logística verde. Luego, en la segunda sección, se destacan las posturas teóricas alrededor de la logística verde. Igualmente, en la tercera sección, se describe el caso específico de varios estudios empíricos que han abordado este problema anteriormente. Más adelante, en la cuarta sección, se detallan todas las etapas desarrolladas para la aplicación de la metodología propuesta. Después, en la quinta sección, se abordan los resultados obtenidos sobre las barreras más influyentes y se discuten los referentes teóricos. Posteriormente, en la sexta sección, se destacan las conclusiones generales obtenidas del estudio y los avances frente a líneas futuras en esta temática. Por último, en la séptima sección, se exponen las referencias bibliográficas empleadas para el soporte y desarrollo del estudio.

Referentes teóricos sobre la logística verde

Existen varias dimensiones teóricas que sustentan el tema de la logística verde. En particular, se señalan dos (Tabla 1). La primera tiene que ver con la capacidad de la logística, compuesta por los recursos de la planta, gestión de procesos ecológicos y la gestión de la oferta ecológica; en la segunda está la teoría industrial basada en los recursos de contingencia, recursos institucionales y partes interesadas. A continuación, se expondrán las teorías de cada dimensión, las cuales presentan un aporte a este estudio.

Tabla 1
Perspectivas teóricas sobre la logística verde

Dimensión	Teoría	Autor	Aporte al trabajo
Capacidad de la logística	Recursos de planta	Gavronski, Klassen, Machado	La teoría consiste en la búsqueda de conocimiento dentro de la organización. Con un enfoque en la logística verde, permite comprender que el aprendizaje sobre prácticas ambientales se origina, tanto internamente, por medio de la retroalimentación dentro de la misma planta de producción, como de manera externa, ya que se da con la ayuda de plantas que pertenecen al mismo sector o que son de la misma compañía, pero están ubicadas en distintas áreas geográficas. Finalmente, la teoría permite introducir las inversiones ambientales, es decir, un capital establecido a prácticas ambientales que puede impactar positivamente.
	Gestión de procesos ecológicos		La teoría parte de que la coordinación conjunta de recursos físicos, financieros, humanos, tecnológicos y organizativos dentro de un hábito diario fomentado en una planta de manufactura logra mejorar las prácticas ambientales dentro de la misma.
	Gestión de la oferta ecológica		Esta teoría se basa en que estas prácticas no son un compromiso que compete solo a la compañía, sino que además involucra a su entorno, pues de debe garantizar que los proveedores también las ejerzan.

Dimensión	Teoría	Autor	Aporte al trabajo
	Recursos de contingencia		Incertidumbre, complejidad y generosidad de la industria son tres factores en los que se basa este postulado, los cuales se pueden ver afectados si se llegase a implementar estrategias ambientales, en donde la incertidumbre de aceptación del mercado, la compleja implementación de las estrategias ambientales y la generosidad o rentabilidad que estas puedan producir implica para un gerente asumir riesgos en un entorno desconocido.
Industrial	Recursos institucionales	Zhu, Sarkis, Lai	La teoría institucional argumenta que, al innovar la implementación de prácticas ambientales, se debe tener en cuenta las normas y estructuras regulatorias ya establecidas, que pueden influir de manera positiva o negativa en el tiempo de implementación de estas prácticas.
	Partes interesadas		Cuando un gerente debe tomar decisiones, tiene en cuenta que sus acciones afectan a diferentes grupos de interés, los cuales podrán expresar su aprobación o negación sobre las consecuencias de dichas decisiones; con base en esto, la iniciativa de un gerente a la hora de proponer estrategias ambientales o un cambio de modelo ecológico en la compañía deberá estar fundamentado en los intereses de las diferentes partes involucradas (accionistas, empleados, proveedores, clientes, comunidad).

Elaboración propia a partir de Zhu et al. (2008) y Gavronski et al. (2011).

Referentes empíricos sobre logística verde

Los inicios de la acuñación conceptual del término logística inversa, a partir del siglo XXI, aparecen cuando las empresas recolectan sus productos ya utilizados, reutilizaban aquellas piezas que aún funcionaban y el resto era desechado adecuadamente; así generaban más ganancias en su operación, siendo esto importante en la cadena de suministros ecológicos ya que dan la opción al cliente de retornar el producto cuando termine su vida útil (Mavi et al., 2017). Para esto, se han propuesto modelos cuantitativos que ayuden a la toma de decisiones en las

fábricas cuando llegue la hora de diseñar y lanzar al mercado su producto; además de la parte más importante del proceso: la red de suministros para el desecho del empaque o el producto en sí (Feitó Cespón et al., 2015).

En los contextos recientes, las empresas se preocupan cada vez más por los impactos negativos de sus operaciones en el medio ambiente; los proveedores de todo tipo están viendo una ventaja competitiva, ofreciendo servicios ecológicos al igual que de logística verde e inversa en sus procesos en diferentes contextos. Un claro ejemplo hace referencia al caso de los proveedores de servicios de transporte, quienes ofrecen prácticas ambientales e implementan sistemas ecológicos en la programación logística de dicho servicio (Martinsen & Hüge-Brodin, 2014).

Otro ejemplo clave de prácticas de logística verde hace énfasis en el manejo de los desechos médicos resultantes de operación de servicios realizados en los hospitales y las unidades de salud, empleando un plan de acción logístico enfocado en el tratamiento de los residuos, sistemas de recolección, tiempo, temperatura de almacenamiento, requisitos de transporte y métodos de eliminación aprobados (Rolewicz-Kalińska, 2016). Asimismo, se pueden destacar estudios que han analizado diferentes contextos, como es el caso de los equipos electrónicos, en donde Arroyo et al. (2014) analizan el aumento de los desechos electrónicos y una posible solución a través de la logística inversa (reciclaje), llevando a cabo una revisión de la literatura de los actores que integran la recuperación de las computadoras y desarrollan un modelo de dinámica de sistemas, llegando a la conclusión de que es posible un cambio en cuanto a una disminución de este tipo de desechos a través de este modelo.

Ahora bien, al ahondar específicamente en artículos que han estudiado las barreras alrededor de la logística verde o inversa, se observa como Govindan et al. (2014), través de su artículo sobre el análisis de barreras para la implementación de la gestión de la cadena de suministro verde en industrias indias usando el análisis jerárquico de procesos (AHP), logra identificar por medio de su propia revisión literaria y discusión con expertos la existencia de 47 barreras que se pueden presentar a la hora de implementar una logística verde en esta industria, divididas en categorías como: barreras financieras, de tecnología, recursos humanos y legales. Continuando con el mismo enfoque, surge el trabajo Waqas et al. (2018) sobre obstáculos críticos para la implementación de la logística inversa, pero vista desde el punto de la industria manufacturera, basando su investigación en la identificación de las barreras por el método Delphi y el modelo de ecuaciones estructurales.

Con el precedente de los artículos anteriores, se logra exponer el contexto bajo el cual se desarrolla el presente estudio, pues las barreras identificadas por estos

autores trazan la línea de inicio para desarrollar este trabajo, teniendo en cuenta que a pesar de que la logística verde o inversa ha estado presente en la industria, y que no es un tema que se ignora, la implementación de esta es un desafío contundente que interpone incertidumbre sobre si las empresas están en capacidad de sobrepasar tales barreras. Así pues, la investigación alrededor de este campo no solo se debe enfocar en la identificación de las barreras, sino también en la proposición de posibles soluciones que ayuden a contrarrestarlas. De esta forma, lo exponen autores como Prakash & Barua (2015), quienes en su trabajo resaltan la integración del método AHP-TOPSIS para priorizar las soluciones para superar las barreras de logística inversa en la industria electrónica de la India, no solo dando a conocer las barreras, sino tratando de abordar soluciones desde distintos criterios.

Metodología

El presente estudio se planteó una metodología de corte mixto, entendiendo que, por un lado, abarcó un método cuantitativo para evaluar las barreras que obstaculizan la logística verde; mientras que el enfoque cualitativo fue dado a raíz de la recolección de la percepción empresarial a partir de la aplicación de múltiples estudios de caso en empresas del Valle de Aburrá. De manera similar, cabe señalar que esta investigación se planteó de manera explicativa, dado que el propósito de esta, según Hernández et al. (2006), es brindar razones al porqué o las causas que generan los obstáculos, dar a entender en qué condiciones se ocasionan las barreras en la logística verde y, además, proponer estrategias de minimización para atacarlas. Así, pues, la presente metodología se divide en cuatro fases. La primera fase, aborda el tipo de metodología empleada para el desarrollo del estudio. Luego, en la segunda fase, se destaca la estructuración del conjunto de barreras a medir y del instrumento de recolección de datos. Posteriormente, en la tercera, se describe a detalle el método de selección de las empresas candidatas del análisis. Finalmente, en la cuarta fase, son descritos los pasos metodológicos de la aplicación del modelo AHP.

Establecimiento de barreras y creación de cuestionario

Con el conocimiento suficiente sobre las barreras halladas en la revisión literaria, se procede a la creación de un esquema general en donde, de forma gráfica y escrita, se plantean los criterios en pro de seleccionar las barreras que más se ajusten a las condiciones del presente trabajo. El esquema terminado tuvo la función de ser la guía para crear un mapa jerárquico (Anexo 1) que representa las barreras generales y específicas seleccionadas de la revisión literaria, según lo postulado por los ya mencionados Govindana et al. (2014) y Waqas et al. (2018). A partir de dichas barreras, se creó un cuestionario (Anexo 2) que buscara medir el grado de incidencia del conjunto de barreras planteadas frente a la adopción de procesos de

logística verde en las organizaciones, empleando para ello la escala de 9 puntos propuesta por Saaty (2008), donde las calificaciones serían 1 (para barreras igualmente incidentes), 3 (moderadamente más incidente), 5 (notablemente más incidente), 7 (fuertemente más incidente), 9 (totalmente más incidente) y valores pares (2, 4, 6 y 8) para las barreras con nivel de incidencia intermedia. Asimismo, en el cuestionario se contempla una segunda fase donde se aplica la escala de 3 puntos recomendada por Liberatore (1987), compuesta por calificaciones sobre el nivel de aplicabilidad de las posibles soluciones dadas: alta aplicabilidad (AA), media aplicabilidad (MA) y baja aplicabilidad (BA).

Selección muestral

Una vez diseñado el cuestionario, se procede a la recolección de datos utilizando un muestreo no aleatorio intencional, ya que la población de estudio tiene una gran variabilidad, pues los tipos de empresas que existen son bastante amplios, dando referencia al tamaño, el tipo de actividad económica, su origen de capital, su función social, entre otros. Con base en lo anterior, se tomaron aquellas empresas del Valle de Aburrá que estuvieran registradas en el Índice de Sostenibilidad Dow Jones (2020) y en el informe del Centro nacional de Producción más Limpia (2010), *Buenas prácticas ambientales aplicables a pequeñas y medianas empresas*, conformando un listado final de 21 empresas. Ello permitió contar con un público experto que realmente aplicara en sus procesos productivos prácticas amigables con el medioambiente. Finalmente, se contó con una muestra de 10 empresas del Valle de Aburrá, a las cuales se emplearon las entrevistas telefónicas y cuestionarios digitales dirigidos específicamente a los supervisores, coordinadores o encargados de la logística o del área de medio ambiente, con el fin de obtener juicios especializados sobre el rol de dichas barreras.

Aplicación del modelo AHP

Al finalizar el trabajo de campo y con la información necesaria reunida, se tabula los datos a través del modelo AHP (Anexo 3), el cual es un modelo matemático de procesos de jerarquía analítica creado para evaluar alternativas en una situación en donde se presentan varias opciones y que mediante unos criterios impuestos se llega a tomar la mejor decisión (Osorio y Orejuela, 2008). Este modelo, creado por Saaty (1980), fue seleccionado, porque presenta ventajas como analizar efectos de los cambios en un nivel superior sobre un nivel inferior, además de dar una visión general de los actores, objetivos y propósitos. En este sentido, el modelo AHP hace uso de comparaciones entre un par de elementos, lo que hace que se cree matrices a partir de estas mismas, y gracias al uso del álgebra matricial se establecen prioridades, es decir, que alternativa seleccionar sobre otra. Consecuentemente,

cuando en cada nivel de jerarquía se establece una prioridad, estas son reagrupadas para obtener una prioridad global lo que lleva a tomar la mejor decisión. Así pues, el modelo AHP se empleó a partir de las siguientes tres etapas:

La primera etapa del modelo se constituyó en la tabulación de cada uno de los juicios sobre las barreras y subbarreras comparadas por cada una de las empresas que participaron en la elaboración de las encuestas. Dichas calificaciones fueron ingresadas en un sistema de matrices, de acuerdo con el tamaño de cada categoría de barreras y resueltas según el sistema de valores y vectores propios propuesto por Saaty & Kearns (1985), como lo exponen las Ecuaciones 1 y 2. Posteriormente, en la segunda etapa, se midió el nivel de confiabilidad de los resultados obtenidos, empleando para ello tres índices propuestos por Saaty (1997): Índice de Consistencia (IC), Índice de Aleatoriedad (IA) y Ratio de Consistencia (RC). Por último, en la tercera etapa, los juicios obtenidos de los expertos de cada empresa encuestada son agrupados a través de la media geométrica como herramienta de asociación ante poblaciones o conglomerados con opiniones potencialmente heterogéneas, tal como lo proponen Forman y Peniwati (1998), y también como se expresa en la Ecuación 3.

1)

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

2)

$$A_1 = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} \end{bmatrix}, a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

3)

$$a_{ij}^{TOTAL} = \prod_{k=1}^m (a_{ij}^k)^{a_k}$$

Descripción y análisis de los resultados

En primer lugar, los resultados evidencian que la categoría general más relevante es la barrera financiera con un 36% de selección entre los encuestados, continuando con la categoría de mercado que obtuvo un 17%, siguiendo con las categorías legislativa y políticas que comparten un mismo porcentaje, 16%, y terminando con la categoría de tecnología que obtuvo un 15% (Figura 1). Al analizar estos resultados primarios sobre las categorías de barreras, se observa que las barreras financieras son las que toman mayor relevancia, esto se puede haber dado por el hecho de que para las empresas es de suma importancia contar con recursos financieros para efectuar cualquier proyecto o plan. Con base en esta barrera, se mira la posibilidad de derribar cualquier otra de las categorías que impiden a una empresa implementar una logística verde.

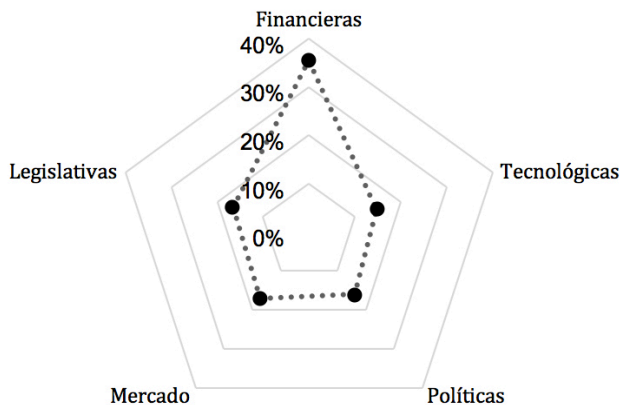


Figura 1. Categorías de barreras a la logística verde
Elaboración propia.

Continuando con los resultados de las subbarreras, dentro de la categoría de barreras financieras, se observa que la que más sobresale es la de *Altas inversiones, pero poco retorno*, la cual, dentro del 36% que representa las barreras financieras, representa un 13,97% y la subbarrera menos representativa es la de *Reclutamiento de recursos extrahumanos*, con un 3,78% (Figura 2). Dichas preferencias son resultado de que las empresas al realizar un nuevo proyecto esperan que queden ganancias; al ser la logística verde un modelo relativamente nuevo, las compañías consideran arriesgado su implementación, debido a que la perspectiva de las empresas se basa en los tangibles y no en la existencia de una rentabilidad en los intangibles.

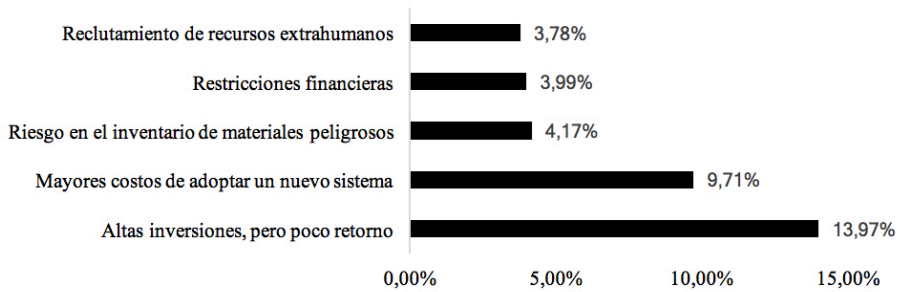


Figura 2. Barreras financieras
 Elaboración propia.

Siguiendo con los resultados de la categoría de barreras de mercado, en la Figura 3 se observa que la que más sobresale es la subbarrera de *Asociación ambiental con proveedores y terceros* que dentro del 17% que representa las barreras de mercado ésta representa un 7,70%; la subbarrera menos representativa es la de *Falta de presión comunitaria* con un 2,48%. Ello puede ser resultado de que la conciencia en las organizaciones frente a la importancia del medio ambiente no sea uniforme, por lo que sus proveedores pueden solo estar interesados en vender o no tener productos que sean amigables con el medio ambiente para realizar asociaciones o alianzas entre sí.

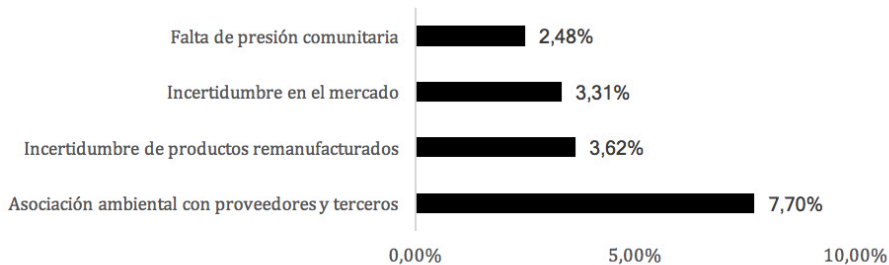


Figura 3. Barreras de mercado
 Elaboración propia.

Posteriormente, dentro de la categoría de barreras legislativas, se observa que la que más sobresale es la subbarrera de *Falta de normas y leyes ambientales*, que representa un 6,64%; y la que es menos representativa: *Falta de compromiso político*, con un 4,63% (Figura 4). Este resultado permite inferir que los encuestados concuerdan que el gobierno no le da mayor importancia al cuidado ambiental.

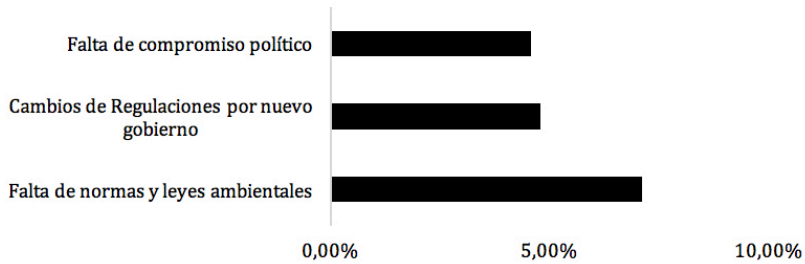


Figura 4 . Barreras legislativas
 Elaboración propia.

Siguiendo con los datos hallados a nivel específico, dentro de la categoría de barreras políticas, se observa en la Figura 5 que la que más sobresale es la subbarrera de *Políticas resistentes al cambio*, esta representa un 6,33%; la que menos representa es la de *Miedo al fracaso*, con un 1,44%. Esto puede estar directamente relacionado con el hecho de que ciertamente el problema para la implementación de una logística verde proviene de la parte interna de una compañía, haciendo referencia a la subbarrera *Políticas resistentes al cambio*, pues existen culturas organizacionales muy tradicionales que no permiten la adaptación a un modelo nuevo.

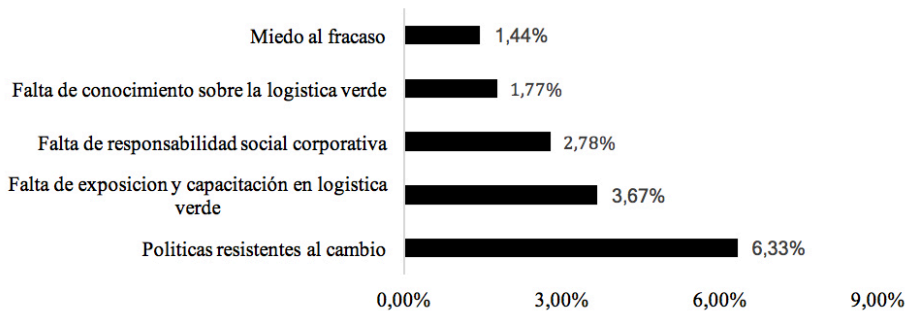


Figura 5. Barreras políticas
 Elaboración propia.

Por último, dentro de la categoría de barreras tecnológicas destacadas en la Figura 6, se observa que la que más sobresale es la subbarrera de *Falta de infraestructura política* que representa un 5,71%; la subbarrera menos representativa es la de *Complejidad en diseño de métodos eco-logísticos* con un 1,84%. En este sentido, se puede evidenciar que la falta de innovaciones tecnológicas trae como consecuencia la *Falta de una infraestructura logística*, siendo estas las subbarreras más representativa dentro de la categoría tecnológica.

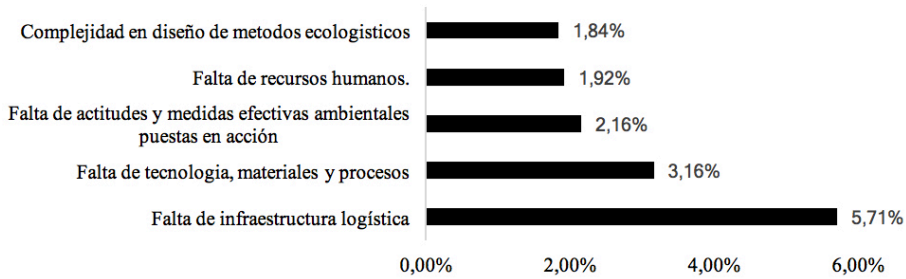


Figura 6. Barreras tecnológicas
 Elaboración propia.

Desde un plano más general, la Figura 7 expone las 22 subbarreras que fueron objeto de estudio en esta investigación proporcionando los resultados según el orden de importancia para los encuestados de menor a mayor, en donde se destaca la subbarrera *Altas inversiones, pero poco retorno*, que representa un 13,97%.

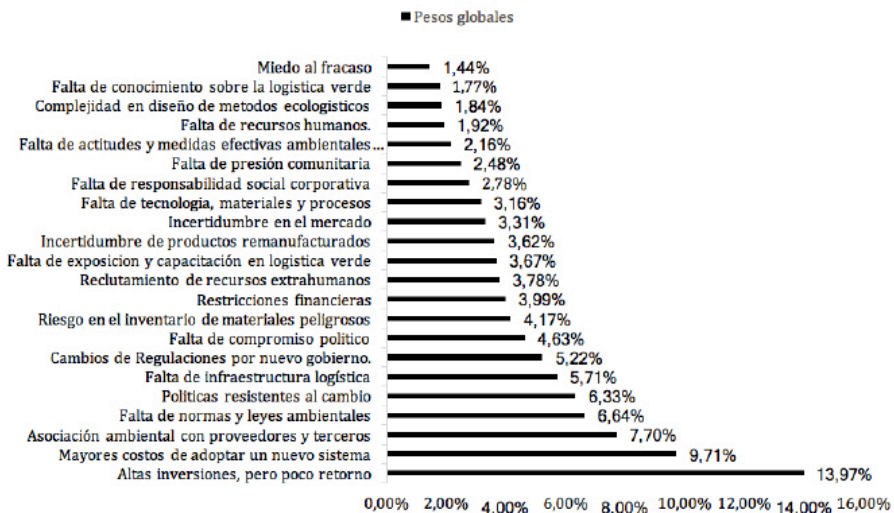


Figura 7. Jerarquización global
 Elaboración propia.

Con la necesidad de encontrar soluciones a las distintas categorías de barreras, se identificaron cinco posibles alternativas, que fueron socializadas a los encuestados para determinar cuál de ellas era más factible para la situación actual de cada empresa, la solución con mayor aplicabilidad fue la de *Planeación directiva y estratégica* con un porcentaje de 25,57%; seguida de *Gestión financiera y fuentes*

alternativas, con un 25,17%; continuando con *Infraestructura y distribución*, con un 20,81%; posteriormente, *Alianza y apoyo con terceros*, con un 20,11; y finalizando con *Proyectos de ley*, la cual obtuvo un 8,34% (Figura 8).

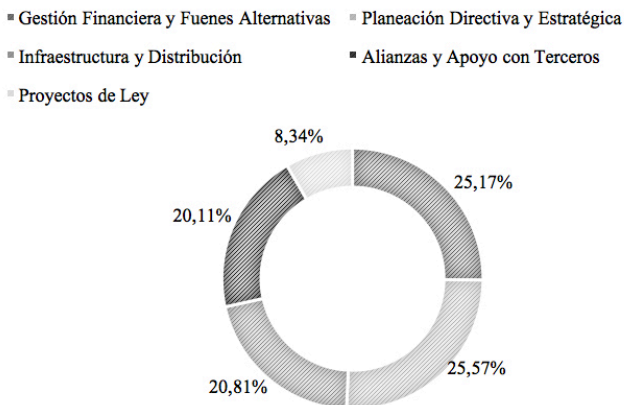


Figura 8. Posibles soluciones para la disminución de barreras a la logística verde
 Elaboración propia.

Discusión de los resultados

Al crear un paralelo de los resultados encontrados líneas arriba versus la revisión literaria de los artículos más relevantes de esta investigación, se alcanza a observar que para Prakash & Barua (2015), en su investigación de logística verde en la industria electrónica de la India, la categoría de barreras que más sobresale tiene que ver con las legales. Mientras tanto, en el artículo de Govindan et al. (2014), los resultados que arrojan a la hora de implementar una logística verde son la categoría de barreras tecnológicas. Por último y como referente más destacable, los resultados tanto de categoría como de subbarrera coinciden con los resultados encontrados en la investigación desarrollada por Waqas et al. (2018), hecha en Pakistán sobre la industria manufacturera de este país, concluyendo que las barreras financieras son las más representativas dentro de las categorías, y que además dentro de estas la alta inversión y el poco retorno es catalogada como la más relevante. Cabe destacar que la diferencia de resultados entre los artículos mencionados y la investigación actual puede darse debido a dos importantes factores: el lugar de estudio y el tamaño de la muestra.

Finalmente, y teniendo en cuenta que para la implementación de la logística verde existen diversas barreras, se evidenció la necesidad de buscar posibles soluciones

a estas; como resultado se obtuvo que la subbarrera *Gestión financiera y fuentes alternativas* es una solución viable a la hora de implementar el modelo en las empresas, pues al buscar fuentes de ingresos alternativas, como por ejemplo al utilizar los desechos o residuos de algunos de sus productos que ya han sido utilizados, pueden obtener ganancias y optimizar algunos costos, lo cual ayuda a equilibrar la barrera financiera que es la que más preocupa a las empresas del Valle de Aburrá.

Conclusiones

Después de una revisión literaria y un trabajo de campo, en donde se obtuvo datos primarios, se logró observar que la implementación de una logística verde en el Valle de Aburrá contempla una variedad de barreras, en donde se destacan las barreras financieras, puesto que el dinero representa la columna principal de una compañía y aunque cada categoría está representada por una subbarrera que resaltaba entre las otras, los resultados locales conllevan a que el dinero se convierte en la principal herramienta para derribar los diferentes obstáculos que pueda tener una implementación de logística verde en esta zona.

La investigación en gran medida logró su cometido, pues se alcanzó el objetivo de identificar las barreras que impiden una implementación de logística verde por medio de un modelo matemático AHP. Adicionalmente, como valor agregado se había planeado proponer posibles soluciones a las barreras ya encontradas, en donde se debe destacar la gran relación que tiene la barrera más importante de todas, es decir, *Las altas inversiones y el poco retorno* con la solución que según los encuestados tiene mayor aplicabilidad, la cual fue *La gestión financiera y fuentes alternativas*, deduciendo así que la optimización de este tipo de recursos conlleva a que exista una mayor posibilidad de que una empresa en el Valle de Aburrá implemente un modelo de logística verde o inversa.

Referencias

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (13 de febrero de 2019). Área Metropolitana del Valle de Aburrá. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/conoce-lo-que-debes-saber-sobre-la-calidad-del-aire-del-valle-de-aburra.aspx>
- Arroyo, P., Villanueva, M., Gaytán, J., y García, M. (2014). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa.

- Centro nacional de Producción más Limpia (2010). Buenas prácticas ambientales aplicables a pequeñas y medianas empresas. <http://www.cnpml.org/archivospublicaciones/buenaspracticasyBuenasPracticasy.pdf>
- Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., Martínez Curbelo, G., y Covas Varela, D. (2015). Diagnóstico ecológico y económico de la cadena de suministros para el reciclaje de plásticos en el contexto empresarial cubano. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 347-358.
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165-169.
- Gavronski, I., Klassen, R., Vachon, S., & Nascimento, L. F. M. do. (2011). A resource-based view of green supply management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 872-885.
- Govindan, K., Kaliyan, M., Kannan, D., & Haq, A. (2014). Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 147, 555-568.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación (Cuarta Edición)*. McGraw-hill.
- Índice de Sostenibilidad Dow Jones (2020). Dow Jones Sustainability MILA Pacific Alliance Index. Recuperado: https://portal.csa.spglobal.com/survey/documents/DJSIComponentsMILA_2020_.pdf
- Liberatore, M. (1987). An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1, 12-18.
- Martinsen, U., & Hüge-Brodin, M. (2014). Environmental practices as offerings and requirements on the logistics market. *Logistics Research*, 7(1).
- Mavi, R. K., Goh, M., & Zerbakhshnia, N. (2017). Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5-8), 2401-2418.
- Nava, J., y Abreu, Y. (2015). Logística Verde y Economía Circular. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 80-91.

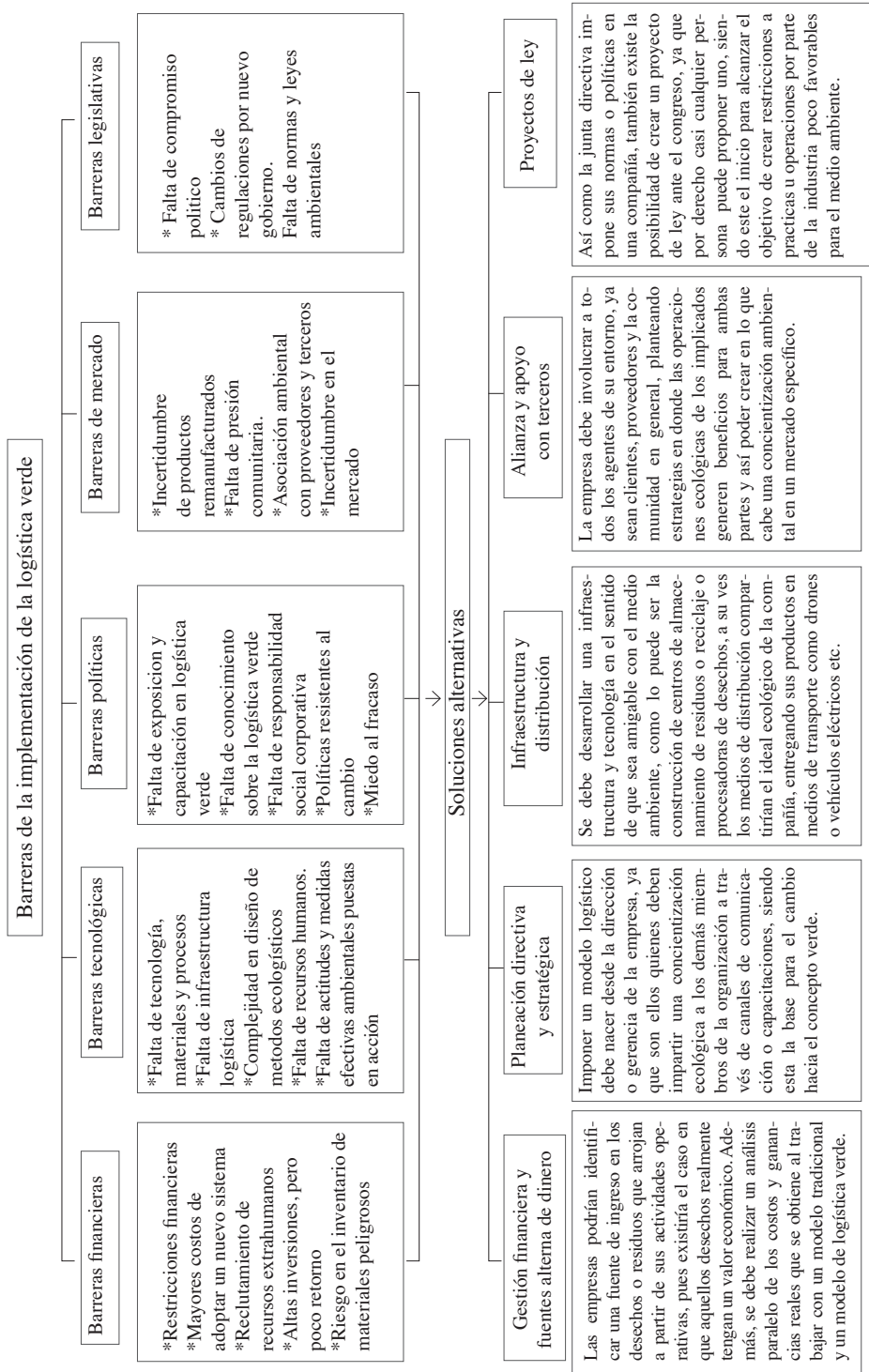
- Osorio, J., y Orejuela, J. (2008). El proceso de Análisis Jerárquico (Ahp) y la toma de Decisiones Multicriterio. Ejemplo de Aplicación. *Scientia Et Technica*, 14(39), 247-252.
- Prakash, C., & Barua, M. K. (2015). Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 599-615.
- Rolewicz-Kalińska, A. (2016). Logistic Constraints as a Part of a Sustainable Medical Waste Management System. *Transportation Research Procedia*, 16(March), 473-482.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill International Book Company.
- Saaty, T. (1997). That is not the analytic hierarchy process: what the AHP is and what it is not. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6(6), 324-335.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T.; & Kearns, K. (1985). *Analytical Planning*. Pergamon Press.
- Tadić, S., Zečević, S., y Krstić, M. (2018). Assessment of the political city logistics initiatives sustainability. *Transportation Research Procedia*, 30, 285-294.
- Waqas, M., Dong, Q., Ahmad, N., Zhu, Y., & Nadeem, M. (2018). Critical Barriers to Implementation of Reverse Logistics in the Manufacturing Industry: A Case Study of a Developing Country. *Sustainability*, 10(11), 4202.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2008). Green supply chain management implications for “closing the loop.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(1), 1-18.

Para citar este artículo:

Taborda, M., Barco, J., Vanegas-López, J. y López-Cadavid, D. (2021). Identificación de las barreras a la logística verde en el Valle de Aburrá. Caso de estudio. *En-Contexto*, 9(15), 189-212. DOI: <https://doi.org/10.53995/23463279.901>



Anexo 1



Elaboración propia, a partir de los estudios de Govindana et al. (2014) y Waqas et al. (2018).

Anexo 2

Cuestionario de barreras en la implementación de la logística verde Identificación de las barreras de la logística verde en el Valle de Aburrá Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria TDEA Administración Financiera			
Cargo:			
Correo:			
Fecha:			
Criterio	Calificación	<p>El siguiente cuestionario tiene la finalidad de clasificar las barreras de la logística verde en empresas y así poder determinar porcentualmente cuál representa mayor obstáculo a la hora de implementarla en el Valle de Aburrá.</p> <p>Ejemplo: Cuál de las siguientes barreras legislativas cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9, según el criterio impuesto en el cuadro que esta hacia su izquierda.</p>	
Igualmente importante	1		
Entre 1 y 3	2		
Apenas más importante	3		
Entre 3 y 5	4		
Bastante más importante	5		
Entre 5 y 7	6		
Mucho más importante	7		
Entre 7 y 9	8		
Absolutamente más importante	9		
Barreras legislativas			
		Barrera A	Barrera B
Barrera A			Valoración
Falta de compromiso político	X		4
Falta de compromiso político		X	6
Cambios de Regulaciones por nuevo gobierno		X	9
1. Cuál de las siguientes barreras financieras cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.			
Barreras financieras			
		Barrera A	Barrera B
Barrera A			Valoración
Restricciones financieras			
Restricciones financieras			
Restricciones financieras			
Restricciones financieras			
Mayores costos de adoptar un nuevo sistema			
Mayores costos de adoptar un nuevo sistema			
Mayores costos de adoptar un nuevo sistema			

Reclutamiento de recursos extrahumanos				
Reclutamiento de recursos extrahumanos				
Altas inversiones, pero poco retorno				
2. Cuál de las siguientes barreras de políticas, de apoyo, conocimiento y gestión cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.				
Barreras políticas, de conocimiento, apoyo y gestión				
Barrera A	Barrera B			Valoración
Falta de exposición y capacitación en logística verde				
Falta de exposición y capacitación en logística verde				
Falta de exposición y capacitación en logística verde				
Falta de exposición y capacitación en logística verde				
Falta de conocimiento sobre la logística verde				
Falta de conocimiento sobre la logística verde				
Falta de conocimiento sobre la logística verde				
Falta de responsabilidad social corporativa				
Falta de responsabilidad social corporativa				
Políticas resistentes al cambio				
3. Cuál de las siguientes barreras de la tecnología cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.				
Barreras tecnológicas				
Barrera A	Barrera B			Valoración
Falta de tecnología, materiales y procesos				
Falta de tecnología, materiales y procesos				
Falta de tecnología, materiales y procesos				
Falta de tecnología, materiales y procesos				

Complejidad en diseño de métodos ecológicos				
Complejidad en diseño de métodos ecológicos				
Complejidad en diseño de métodos ecológicos				
Falta de recursos humanos				
Falta de recursos humanos				
4. Cuál de las siguientes barreras de mercado cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.				
Barreras de mercado				
Barrera A			Barrera B	Valoración
Incertidumbre de productos remanufacturados				
Incertidumbre de productos remanufacturados				
Incertidumbre de productos remanufacturados				
Falta de presión comunitaria				
Falta de presión comunitaria				
Asociación ambiental con proveedores y terceros				
5. Cuál de las siguientes barreras legislativas cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.				
Barreras legislativas				
Barrera A			Barrera B	Valoración
Falta de compromiso político				
Falta de compromiso político				
Cambios de Regulaciones por nuevo gobierno				
6. Cuál de las siguientes barreras de la logística verde cree usted que representa un mayor obstáculo a la hora de implementarla. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9				
Barreras para la implementación de logística verde				
Barrera A			Barrera B	Valoración
Tecnología				
Tecnología				
Tecnología				
Tecnología				

De política, conocimiento, apoyo y gestión					
De política, conocimiento, apoyo y gestión					
De política, conocimiento, apoyo y gestión					
Financiero					
Financiero					
Mercadeo					
7.Cuál de las siguientes soluciones alternativas cree usted que tienen mayor aplicabilidad a los diferentes tipos de barreras de la logística verde. De acuerdo a la importancia califique de la siguiente manera: alta aplicabilidad (A), aplicabilidad considerada (C), poca aplicabilidad (P) y no aplica (NA).					
Barreras/Soluciones	Gestión financiera y fuentes alternas de dinero	Planeación directiva y estratégica	Infraestructura y distribución	Alianzas y apoyo con terceros	Proyectos de ley
Tecnología					
De política, conocimiento, apoyo y gestión					
Financiero					
Mercadeo					
Legislativa					
Nota: Se responden todos o solo uno					
¡Muchas Gracias por su Tiempo!					

Anexo 3

Global Matrix (Arithmetic Mean)							
	Tecnológicas	Políticas	Financieras	Mercado	Legislativas	W	Rank
Tecnológicas	1	2 1/5	1/5	2/3	7/9	0,1478	5
Políticas	0,453437642	1	1/2	3/4	2	0,1601	4
Financieras	4 6/7	2 1/6	1	2	1 3/8	0,3561	1
Mercado	1 1/2	1 1/3	1/2	1	1	0,1711	2
Legislativas	1 2/7	1/2	5/7	1	1	0,1649	3
	9,06	7,24	2,88	5,53	6,01		
	λ_{max}	5,43					
	CR	0,096					

Empresa 1					W	Rank
1	6	1/8	1/7	1/5	0,0782	4
1/6	1	1/8	1/7	1/4	0,0327	5
8	8	1	7	5	0,5150	1
7	7	1/7	1	5	0,2488	2
5	4	1/5	1/5	1	0,1253	3
21,17	26,00	1,59	8,49	11,45		
λ_{max}	6,23					
CR	0,277					

Empresa 2					W	Rank
1	8	8	1/9	6	0,2481	2
1/8	1	3	1/8	3	0,0851	4
1/8	1/3	1	1/8	1/8	0,0315	5
9	8	8	1	8	0,5434	1
1/6	1/3	8	1/8	1	0,0920	3
10,42	17,67	28,00	1,49	18,13		
λ_{max}	6,51					
CR	0,341					

Empresa 3					W	Rank
1	1/5	1/5	1/5	1/3	0,0478	5
5	1	1/3	4	4	0,2898	2
5	3	1	3	3	0,3945	1
5	1/4	1/3	1	3	0,1700	3
3	1/4	1/3	1/3	1	0,0980	4
19,00	4,70	2,20	8,53	11,33		
λ_{max}	5,51					
CR	0,114					