



ENSAYO

ESTUDIO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLADO EN LA CIUDAD DE CUENCA-ECUADOR

STUDY OF THE SUPPLY CHAIN OF RECYCLED PAPER AND CARDBOARD IN THE CITY OF CUENCA-ECUADOR

Resumen / Abstract

El presente artículo se enmarca en el reciclaje como motor de desarrollo para los actores presentes en esta industria, enfatizando en aquellos que intervienen en la cadena de suministro de papel y cartón en la ciudad de Cuenca-Ecuador. La metodología empleada, con carácter cuantitativo-inductivo de corte transversal, no experimental, tiene como objetivo usar el Método Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty, 1980) aplicando criterios adaptados a realidades y particularidades presentes en dicha cadena de suministro. Finalmente, esto permite la selección de criterios para futuras evaluaciones de una gestión eficaz de la cadena de suministro respecto a la toma de decisiones gerenciales.

Palabras clave: cadena de suministro; criterios; materia prima; reciclaje.

This article focuses on recycling as a development engine for the actors in this industry, emphasizing those who take part in the paper and cardboard supply chain in the city of Cuenca, Ecuador. The methodology applied, with a cross-sectional, non-experimental, quantitative-inductive character, aims to use the Analytic Hierarchy Process (AHP) Method (Saaty, 1980) which involves criteria adapted to realities and particularities in the paper industry supply chain. Finally, this result allows us to select criteria, for future evaluations of an efficient management of the supply chain in relation to managerial decision making.

Keywords: supply chain; criteria; raw material; recycling.

■ EDISSON SANTIAGO

CAJAMARCA CAJAMARCA

<https://orcid.org/0000-0002-7196-8911>
santiago.cajamarca@ucuenca.edu.ec

■ JOSÉ SANTIAGO JIMBO DIAS

<https://orcid.org/0000-0002-2823-4285>
santiago.jimbo@ucuenca.edu.ec

■ SANDRA DANIELA CABRERA CHALCO

daniela.cabrera26@ucuenca.edu.ec

Universidad de Cuenca. Ecuador.

Introducción

A finales del siglo XX se inició la búsqueda para crear un modelo de desarrollo que sea amigable con el medioambiente (Feitó Cespón et al. 2015). Es por ello que la World Commission on Environment and Development (WCED, 1990) introdujo el concepto de desarrollo sostenible como modelo que contempla decisiones de explotación de recursos, inversiones, desarrollo técnico y cambio institucional en base a necesidades actuales y futuras como una respuesta ante la degradación a gran escala que está sufriendo el medioambiente; así mismo, el incremento de la población genera un consumo de los recursos naturales y el cambio climático ha llevado a varias industrias a pensar en las futuras generaciones (Giri y Dey, 2019).

Adicionalmente, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), mediante el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo o United Nations Development Programme (UNDP), que tenía por objetivo poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que las personas gocen de paz y prosperidad, en Río de Janeiro del año 2012 gestó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con el propósito de hacer frente a los desafíos ambientales, políticos y económicos. Estos objetivos fueron adoptados por los países miembros a partir de 2015 (UNDP, 2015). Sin embargo, el papel de los ODS ante el reto del cambio climático global no está presente en la educación ambiental (Rodrigo-Cano et al., 2019). Esta situación ha llevado a que el desarrollo sostenible esté siendo ejercido con la reutilización de productos, compras más ecológicas, remanufactura, reciclaje, entre otras (Arroyo López et al., 2014).

A pesar de los esfuerzos enmarcados en el desarrollo sostenible, es imperante señalar que con la globalización, los productos tienen un ciclo de vida mucho más corto (Arroyo López et al., 2014), que lleva al aumento letal de desechos haciendo que estos problemas ambientales se vuelvan sustancialmente importantes. Por este motivo, las industrias y la legislación pretenden garantizar productos más amigables y los negocios se encuentran generando rentabilidad con una producción sostenible empleando estrategias propias (Wang et al., 2018).

Formulación del Problema y Revisión Bibliográfica

La cadena de suministro parte como un proceso altamente significativo, como una medida de desempeño de industrias y negocios (Ni y Sun, 2019),

debido a que abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de los bienes, desde la etapa de extracción de materia prima hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados (Ballou, 2004; Farooque et al., 2019). Destacan tres grandes fases (Estaún, 2018), como se observa en la Figura 1.

Es importante recordar que las empresas a lo largo del tiempo han considerado muy sustancial la política de precios para manipular la demanda, producción y distribución de bienes o servicios, la gestión de la cadena de suministro sobre la utilidad con el objetivo de mejorar dicha rentabilidad o maximizarla (Parsaeifar et al., 2019).

Para las empresas la gestión de la cadena de suministro es una de las tareas más relevantes de sus operaciones diarias, así como de su planeación en el largo plazo (Xu et al., 2019), ya que involucra la gestión de canales, competencia de canales y la coordinación de la cadena de suministro inversa (Lipan et al., 2017) con el objetivo de mejorar y facilitar un mejor material, así como la información que fluye entre las partes que componen la cadena generando excelentes relaciones (Jafari et al., 2017); incluso Ma et al. (2019) contemplan elementos críticos para la colaboración en la cadena de suministro como el sistema de desempeño, información compartida, decisión sincronizada, alineación de inventivos y procesos integrados de la cadena. Sin embargo, la coordinación entre las partes es el determinante del éxito de las operaciones de la cadena de suministro (Chan et al., 2019).

De todos los distintos mecanismos enmarcados en el desarrollo sostenible, el reciclaje es considerado como una de las mejores estrategias que una industria puede adoptar para reducir la emisión de carbono y la contaminación (Giri y Dey, 2019) resaltando que el gobierno tiene que ser un factor clave para alertar dichas emisiones y motivar su reducción (Li et al., 2019). De este modo, las empresas reciclan productos usados y buscan recuperar valor de productos desechables mediante la manufactura en distintas industrias que consideran al reciclaje como una estrategia clave (Long et al., 2019; Moraga et al., 2019; Xing et al., 2020). Por su parte, Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP, 2014) lo fomenta, columbrando que el reciclaje representa efectivamente una estrategia con un excelente potencial para aumentar los suministros (Mayyas et al., 2019) para las industrias dedicadas a elaborar productos a partir de material reciclado.

Por otra lado, una de las iniciativas que las industrias han empleado para generar desarrollo sostenible es la de implementar cadenas de suministro

Figura 1
Fases Macro de la Cadena de Suministro



cerradas que esencialmente combinan la logística directa con logística inversa, es decir, estas cadenas de suministro cerradas pueden reducir sustancialmente la generación de residuos sólidos acorde a las perspectivas de distribuidores y sistemas de reciclaje (Lipan et al., 2017; Zhao et al., 2019); en otras palabras, satisfacer la demanda y, al mismo tiempo, recolectar y recuperar productos devueltos o usados (Alegoz et al., 2020) teniendo en cuenta que los seres humanos generan residuos en sus actividades diarias. En Ecuador se generan alrededor de 4 millones de toneladas por año, de las cuales se hacen esfuerzos para recuperar la mayor cantidad de residuos potencialmente reciclables, ya que una disposición final de dicha cantidad de residuos llevaría a un colapso de los rellenos sanitarios disponibles (Alarcón, 2017).

Al mencionarse al reciclaje como una alternativa para las empresas que desean reducir sus costos, en Cuenca, la industria del reciclaje refleja actores clave, que son los recicladores y los centros de acopio de reciclaje (Cajamarca Cajamarca et al., 2019), acorde a la cadena de valor de reciclaje, sin olvidar que a cada actor o miembro de la cadena de suministro le gustaría incrementar sus propios beneficios (Chan et al., 2019). Sin embargo, dicha industria carece de criterios clave que contribuyan en la gestión de sus actividades y principalmente en la cadena de suministro de reciclaje, por lo que es esencial realizar un primer acercamiento con el propósito de establecer los primeros lineamientos enmarcados en una gestión efectiva de la cadena de suministro dentro de la perspectiva de desarrollo sostenible.

Metodología

El diseño de la investigación es de tipo no experimental.

Considerando un registro actualizado de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP) de 27 centros privados de reciclaje o también denominados intermediarios, se tomó la decisión de emplear toda la población de intermediarios para el presente estudio.

Se ejecutó la aplicación de un formulario dirigido a los 27 intermediarios enmarcados en las dimensiones de información general y desarrollo de la actividad económica que contempla, principalmente, la compra y venta de material reciclable. Adicionalmente, se realizó una entrevista estructurada en la industria de papel y cartón reciclable como medida de contraste de información proporcionada por los intermediarios y recicladores. Dentro de este instrumento se consultaron los siguientes aspectos: datos generales, actividad económica, manejo de materia prima, proveedores y transporte del material adquirido para la elaboración de sus productos. Para el tratamiento de la información resultante de la aplicación de encuestas se empleó la herramienta de Excel, debido a la composición de datos altamente cuantitativos proporcionados por los sujetos de estudio, y, respecto a la información cualitativa derivada de la entrevista, se realizó la técnica de la sistematización.

Para la consecución de los objetivos de la presente investigación se seleccionó un método para establecer criterios a priorizar mediante un proceso de análisis jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), desarrollado por Saaty (1980), para posteriores aplicaciones y evaluaciones de la gestión de la cadena de suministro de la industria papelera¹.

Esta herramienta, AHP, consiste en un

1. Una metodología validada y empleada en estudios como diseños de planta, producción, abastecimiento, selección de personal, mecanizado, calidad, software, materia prima, logística y, por supuesto, cadenas de suministro (Abdul-Hamid, 1999; Bergquist y Abeseyekera, 1996; Calantone, 1999; Chud Pantoja et al., 2018; Delgado-Galván et al., 2011; Dweiri y Al-oqla, 2006; Dweiri y Meirer, 1996; Gómez Montoya et al., 2015; Güngör y Arikan, 2000; Partovi et al., 1990; Percin, 2006; Sharma y Bhagwat, 2007; Sureshchandar y Leisten, 2006).

Tabla 1
 Escala de Importancia Relativa

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	El criterio o alternativa A es igual de importante que el criterio o alternativa B.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio o alternativa A sobre B.
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio o alternativa A sobre B.
7	Importancia muy grande	El criterio o alternativa A es mucho más importante que el B.
9	Extrema importancia	La importancia del criterio o alternativa A sobre el B está fuera de toda duda.
2,4,6,8		Valores intermedios, cuando es necesario matizar.

análisis multicriterio para evaluar criterios de modo que optimice la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980) y supone ejecutar los siguientes pasos:

a. Definir los criterios de decisión estructurados jerárquicamente por niveles.

b. Evaluar los criterios, subcriterios y alternativas de acuerdo a su importancia dentro de cada nivel donde los juicios verbales se trasladan a una escala de puntuación o valoración que se muestran en la Tabla 1. Luego, en una matriz de juicios, un vector de prioridad es calculado y usado para comparar los elementos de la matriz.

c. Evaluar la congruencia de los juicios con el ratio de inconsistencia (IR, por sus siglas en inglés) a partir del índice de consistencia (CI, por sus siglas en inglés) de una $n \times n$ matriz de juicios, definidos en las ecuaciones 1 y 2. Además, en la Tabla 2 se visualiza el valor aleatorio (RI, por sus siglas en inglés) de acuerdo a la matriz analizada. Los juicios son considerados aceptables si IR es inferior a 0,10.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$IR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

d. Jerarquizar las alternativas y tomar las decisiones correspondientes.

Para agilizar el proceso de implementación de la metodología descrita, se optó por emplear una plantilla de múltiple entrada para la plataforma de Excel creada por Klaus (2013) con un limitante de diez criterios.

Resultados Empíricos Obtenidos

Cadena de Suministro de Material Reciclado, Materia Prima para la Industria

Dentro de la investigación, se consideraba en un principio evaluar la cadena de material de papel reciclado; sin embargo, se pudo constatar que el cartón es otro material reciclado que se maneja de la misma forma. Por ello, en la Figura 2 se puede visualizar la cadena de suministro elaborada para los materiales reciclados de papel y cartón en la ciudad de Cuenca en base al levantamiento de información con los instrumentos aplicados.

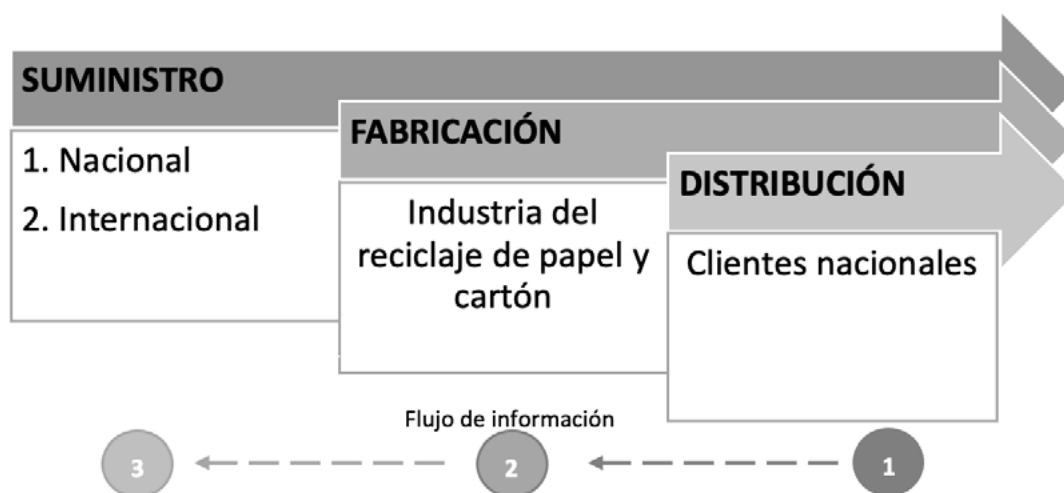
Como se mencionó en líneas anteriores, una cadena de suministro se conforma de tres grandes fases en las que existe un flujo de información de adelante hacia atrás

Tabla 2
 Valores aleatorios de consistencia en función del tamaño de la matriz

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,58

Nota: Saaty (1980)

Figura 2
Cadena de Suministro de papel y cartón reciclado en Cuenca



principalmente. A pesar de que la Figura 2 sugiera de manera simple la cadena de suministro de papel y cartón, esta incluye diversos aspectos a considerar, a ser detallados en los próximos apartados.

En el primer eslabón, referente al suministro del material reciclado, se ha identificado, a raíz de los resultados de la entrevista realizada a la industria papelera de la ciudad de Cuenca y de los instrumentos aplicados, que el material que ingresa a la industria bordea un 70,0% de materia prima nacional y el restante 30,0% es importado. La cantidad de material importado que ingresa a la industria papelera de la localidad depende de la temporada, es decir, en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, por ser considerados meses de baja en la producción, el material nacional es escaso, por lo que deben importar. En contraparte, los meses de noviembre hasta mayo son temporadas altas en las que el material nacional se encuentra disponible en cantidades considerables.

Es de suma importancia aclarar que la industria papelera de Cuenca se dedica a brindar soluciones de empaque de cartón corrugado, así como embalajes, para suplir necesidades de empaque en los mercados locales y los de exportación de sectores industriales y agroindustriales. Esta industria, en su fase de

transformación y fabricación requiere cartón y papel reciclado; material mixto (periódico, papel bond), las cartulinas y cajas que no han tenido algún tipo de uso (DKL) para la fabricación de sus distintos productos. Finalmente, la etapa se cierra con la venta de los productos y su posterior recuperación una vez cumplida su vida útil para reiniciar el ciclo de producción², a los clientes nacionales e incluso multinacionales con sedes ubicadas en Cuenca, Quito, Guayaquil, Manta, Ibarra, Santo Domingo, Pedernales y Loja (Cartopel, 2019).

El Papel de los Intermediarios y Recicladores, una Paradoja Social

A pesar de que la mayoría del material que usa la industria papelera de Cuenca para su producción es de procedencia nacional, es relevante mencionar que el material que se recupera de la ciudad no abastece sus procesos de producción. Ciudades como Quito, Ibarra, Portoviejo, Manta, Guayaquil, Santo Domingo, Machala y Quevedo son las que más contribuyen en cuanto a cantidad se refiere. A nivel internacional, se puede mencionar la importación de materia prima desde Costa Rica, Guatemala, El Salvador y Panamá (D. Cabrera, comunicación personal, 5 de junio de 2019).

2. La industria papelera de la ciudad de Cuenca se ha planteado como alternativa de logística inversa la creación de centros de acopio de materiales derivados del papel y cartón en ciudades como Machala, Santo Domingo e Ibarra, exceptuando la ciudad de Cuenca, para brindar la oportunidad a recicladores de base certificados de la ciudad.

Tabla 3
 Fuentes de obtención de material que compra el intermediario

Fuente de material reciclado	Porcentaje
Ciudadanía	69,8%
Recicladores	13,4%
Industrias	5,1%
Unidades Educativas	3,9%
Centros Comerciales	3,6%
Centros de Acopio	2,6%
Instituciones públicas y privadas	1,6%

Tabla 4
 Margen bruto comercial estimado del intermediario

Material	Cantidad (TN/Mes)	Porcentaje cantidad	Precio venta (\$/TN)	Margen bruto comercial
Cartón	230,0	22,4%	139,2	37,2%
Dúplex	53,0	5,2%	57,5	5,2%
Periódico	30,0	2,9%	60,0	9,9%
Mixto	23,5	2,3%	112,5	15,9%
Papel blanco	175,4	17,1%	226,0	43,1%
Plástico suave	51,3	5,0%	246,0	33,6%
Soplado	38,9	3,8%	178,6	30,7%
PET	48,2	4,7%	521,4	13,2%
Chatarra	343,7	33,5%	151,4	15,6%
Tetrapack	1,0	0,1%	50,0	50,0%
Vidrio	15,4	1,5%	40,0	42,0%
Aluminio	7,0	0,7%	277,5	49,5%
Cobre	5,5	0,5%	2.400,0	33,7%
Bronce	1,5	0,15%	1.250,0	3,4%
RAEE *	-	-	-	-
Otros	0,5	0,05%	100,0	70,0%

* Información no proporcionada por parte de los intermediarios.

Particularmente en la ciudad de Cuenca se han identificado alrededor de 27 intermediarios (Cajamarca Cajamarca et al., 2019) y es relevante analizar su nivel de participación dentro de la cadena de suministro. Existe un porcentaje de ellos (43,0%) que realizan actividades económicas secundarias, paralelas al acopio y comercialización de material potencialmente reciclable; estas actividades pueden ser servicios de carga y transporte o transformación del material. Cuentan con personal para la realización de las actividades con un promedio de cinco varones y tres mujeres que trabajan las ocho horas diarias durante los cinco días por semana para tratar el material reciclado de distintas fuentes como se indica en la Tabla 3.

Los intermediarios realizan la compra de material reciclado de forma diaria, semanal, quincenal y mensual; el material se recoge o también llega al centro de acopio. En la Tabla 4 se puede apreciar la lista de materiales comercializados en los centros privados de reciclaje, así como un estimado de margen bruto por material. De acuerdo a lo requerido por la industria, los materiales reciclados de cartón, papel, periódico y mixto son los materiales captados por la industria papelera de la ciudad.

En promedio general, un intermediario obtiene un margen bruto de alrededor del 30,2% por la venta de los distintos materiales, lo que significa un ingreso de alrededor de USD \$ 28.399,49 mensuales.

Sin embargo, como se mencionó con anterioridad, es necesario enfatizar lo que sucede con aquellos materiales requeridos por la industria de papel y cartón.

Dichos materiales (cartón, papel, periódico y mixto) representan el 44,7% del total de material reciclado que manejan en promedio los intermediarios; esto representa 458,9 TN³, que son enviadas a la industria papelera de la ciudad. Es decir, la cantidad recuperada por recicladores para los intermediarios representa una ínfima parte, considerando el 13,4% de su proporción, se puede decir que alrededor de 61,5 TN provienen de recicladores.

De acuerdo a la información recabada, los intermediarios manifiestan ciertas dificultades al momento de realizar sus actividades de acopio y comercio de material potencialmente reciclable. Las dificultades mencionadas son la informalidad de la competencia por incumplimiento de la normativa, engaños a recicladores, tiempos de clasificación del material, permisos de funcionamiento, informalidad al momento de adquirir materiales –los recicladores no emiten comprobantes de venta– traducida en mayor declaración de impuestos y la falta de concientización por parte de la ciudadanía.

Dadas las circunstancias expuestas, los intermediarios sugieren ciertas acciones para mejorar las actividades de reciclaje como una asignación de lugares específicos para trabajar (lugares de acopio), estandarización de precios en el mercado, mayores campañas de concientización y control técnico de balanzas.

La Importancia del Papel y Cartón Reciclado para la Ciudad de Cuenca

Cartopel es la única empresa que trabaja con material reciclado de papel y cartón en la ciudad. De acuerdo a los resultados obtenidos de los formularios aplicados, se requiere una gran cantidad de materia prima. El material reciclable nacional bordea las 20.688 TN y 3.054 TN de material importado, lo que significa que alrededor de 23.742 TN se encuentran en stock en los patios de materia prima. La planta requiere mensualmente cerca de 10.000 TN para sus procesos de producción. De la misma forma, se puede decir que 4,59% del material proviene de los intermediarios y que el material recuperado por los

recicladores representa un aproximado del 0,62%.

El proceso de molino requiere un abastecimiento de 14,5 TN/hora y produce en promedio entre 310 a 320 TN/día de pulpa de papel y cartón +/- 10% de materiales que se desperdician en el proceso, lo que lleva a colegir un total de 330 TN/día de pulpa; cabe mencionar que existen diferentes requerimientos de materia prima para la producción de fibras.

Existen diferentes tipos de materiales empleados en la industria, denominados Cartón Viejo Corrugado (OCC) o material importado, cartón nacional (producto nacional) y fibra virgen. Por otra parte, existe un subproducto de las corrugadoras de las cajas que regresan a la planta para ser reutilizadas, conocido como DKL. Las fibras vírgenes de árboles son empleadas en 10% para la fabricación de las capas externas de las cajas, con la finalidad de que resistan a la impresión, los materiales que se utilizan en una caja no son 100% reciclados, debido al porcentaje antes mencionado de material virgen. Tomando en cuenta que, en la actualidad, por asuntos ecológicos se tiende a evitar el consumo de fibras vírgenes, Cartopel ha disminuido su uso de un 45% al 10% antes señalado en menos de 10 años.

Por otra parte, se puede señalar el margen considerable de precios existente entre materiales reciclados a nivel de ciudad de 80 \$/TN en contraposición con materiales vírgenes de 220 \$/TN; esto representa un ahorro en costos y contribuye a la conservación del medio ambiente evitando la extracción de materia prima virgen. Asimismo, el costo de los materiales depende del proceso al cual son sometidos antes de la adquisición y de su origen. El material importado tiene un costo mayor, no porque sea de mejor calidad, sino por los costos que implica su transporte. El OCC importado cuesta \$280/TN comparado al nacional con un costo que oscila entre 180 a 210 \$/TN. El DKL nacional posee un costo de 230 \$/TN, coste inferior al importado, puesto que este posee un precio que oscila entre 270 a 300 \$/TN.

Finalmente, la empresa brinda a sus proveedores un proceso de capacitación e inducción del manejo de material reciclado; sin embargo, hay proveedores que mojan o envían con plástico el material. Esta situación provoca inconvenientes y paros en la planta de producción e inclusive daños en la maquinaria. Ante estos hechos se han implementado medidas de control con la finalidad

3. El material manejado por los intermediarios proviene de distintas fuentes (recicladores, comerciantes minoristas, generadores domiciliarios, fabricas, comercios, centros comerciales, escuelas, etc.).

Tabla 5
 Lista de métricas de desempeño para una cadena de suministro

Niveles	Métricas
Estratégico	Tiempo total de flujo de caja
	Tasa de retorno de la inversión
	Flexibilidad para conocer las necesidades particulares de los clientes
	Plazo de entrega
	Tiempo total de ciclo
	Nivel y grado de asociación comprador-proveedor
Táctico	Tiempo de consulta del cliente
	Grado de cooperación para mejorar la calidad
	Costo total de transporte
	Veracidad de los métodos de predicción/pronóstico de la demanda
Operacional	Tiempo de ciclo de desarrollo del producto
	Costo de manufactura
	Capacidad de uso
	Costo de envío de información
	Costo de transporte de inventario

Nota: Gunasekaran et al. (2001)

Tabla 6
 Importancia relativa de los criterios para cada nivel

Nivel	Criterios	Peso	+/- error
Estratégico	Tiempo total de flujo de caja	17,70%	7,80%
	Tasa de retorno de la inversión	38,00%	22,00%
	Flexibilidad para conocer las necesidades de los clientes	10,60%	5,40%
	Plazo de entrega	12,20%	5,90%
	Tiempo total de ciclo	4,80%	2,60%
	Nivel y grado de asociación comprador-proveedor	7,10%	2,90%
Táctico	Tiempo de consulta del cliente	9,70%	3,80%
	Grado de cooperación para mejorar la calidad	28,70%	6,80%
	Costo total de transporte	22,30%	7,10%
	Veracidad de los métodos predicción/pronóstico de la demanda	9,60%	2,30%
Operacional	Tiempo de ciclo de desarrollo del producto	39,40%	17,40%
	Costo de manufactura	37,10%	8,60%
	Capacidad de uso	11,00%	4,40%
	Costo de transporte de información	17,50%	9,30%
	Costo de transporte de inventario	34,50%	11,90%

de evitar que material dañado ingrese a las plantas de producción.

Criterios para Evaluar la Gestión de la Cadena de Suministro

Expuestas las realidades y condiciones anteriores, en este apartado se pretende establecer criterios para que la industria papelerera de Cuenca pueda evaluar en un futuro la gestión de su cadena de suministro basado en la metodología AHP, debido a que en la

actualidad a lo largo de la cadena de suministro se desarrollan procedimientos de manera empírica, permitiendo en un futuro establecer estrategias en base a lo mencionado por Gunasekaran et al. (2001). Estos autores sugieren elementos para evaluar el desempeño de una cadena de suministro, que se indican en la Tabla 5, categorizados a nivel estratégico, táctico y operacional.

Se realizó el proceso de análisis AHP con expertos en la gestión de cadena de suministro de Cartopel con el objetivo de jerarquizar los criterios visualizados en la tabla anterior conforme

las necesidades de la industria papelera, para establecer aquellos relevantes para la evaluación de la cadena de suministro. En la Tabla 6 se pueden apreciar los criterios más importantes en base a los pesos obtenidos como resultado de la aplicación AHP.

El IR no supera el 10%, debido a que los ratios de inconsistencia obtenidos para cada nivel son: estratégico tiene un valor de 9,1%; el táctico 5,7% y el operacional un 8,6%.

Conclusiones y Recomendaciones

Desarrollar modelos de negocio con miras al desarrollo sostenible representa en la actualidad un reto significativo, puesto que implica considerar variables sociales, económicas y ambientales. Como se ha demostrado, existe rentabilidad dentro del reciclaje y los actores identificados en la cadena de suministro de papel y cartón se han regido básicamente por el beneficio económico que otorga el material reciclado. Las variables sociales y ambientales son un dilema que está en constante discusión al no ser prioritarias para el desarrollo de un negocio, más aún si se trata de la actividad del reciclaje.

Como resultado de la aplicación de AHP y cumpliendo con el objeto de investigación, se sugiere que la industria tiene que considerar para el nivel estratégico la tasa de retorno de la inversión (38%); dentro del nivel táctico se sugiere tomar a los criterios de tiempo de ciclo de desarrollo de producto al tener un peso de 39%. Finalmente, tanto los criterios de costo de manufactura como el coste de transporte de inventario son los principales a evaluar a nivel operativo en la cadena de suministro de papel y cartón para una mejor gestión.

Por otro lado, para la industria los intermediarios y recicladores no demuestran ser proveedores altamente relevantes debido a la cantidad de material que suministran, recordando que representan el 4,59% y 0,62% respectivamente de la cantidad necesaria para el proceso productivo. Inclusive, se puede mencionar que corresponde a una acción de filantropía el comprar el material reciclable a los intermediarios existentes en la ciudad de Cuenca, debido a que dicha industria puede colocar su propio centro de acopio, pero no lo ha hecho justamente por dar valor al trabajo de los intermediarios y recicladores locales (D. Cabrera, comunicación personal, 5 de junio de 2019).

Finalmente, con la metodología aplicada, se pudo determinar que la evaluación de la cadena de suministro de la industria papelera debería regirse en torno a tres componentes o niveles muy importantes, es decir, el estratégico, el táctico y el operativo; para cada uno de ellos se deben analizar los distintos criterios de acuerdo a su importancia. Cabe mencionar que analizar cada criterio expuesto en esta investigación resulta bastante amplio debido a la cantidad de procesos y actividades que significan, además es fundamental colegir que la presente investigación es un primer acercamiento, debido a que considera principalmente el papel y cartón dentro de la industria; sin embargo, sienta las bases con criterios técnicos definidos por expertos, considerando realidades y particularidades de la cadena de suministro de papel y cartón de la ciudad de Cuenca, definidas en este trabajo para futuras indagaciones dentro de la industria.

Por lo expuesto anteriormente, se puede sugerir realizar un levantamiento de procesos y actividades de la industria y clasificarlos conforme a los criterios jerarquizados descritos en este trabajo, establecidos por expertos en el área de investigación, para profundizar la evaluación de la cadena de suministro del material reciclado. Esta evaluación no pudo ser realizada en este contexto debido a la falta de cooperación de sujetos de estudio y los vacíos legales existentes en los reglamentos y ordenanzas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, respecto al tratamiento de residuos potencialmente reciclables, lo cual dificulta la identificación de procesos claves en el desarrollo de la cadena de suministro y en su flujo de información respectivo.

Referencias Bibliográficas

- Abdul-Hamid, Y., Kochhar, A. K. y Khan, M. K. (1999). The analytical hierarchy process approach to the choice of manufacturing plant layout. *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Part B, Journal of Engineering Manufacture*, 213(4), 397-406. <https://doi.org/10.1243/0954405991516868>
- Alarcón, I. (17 de Abril de 2017). Ecuador tiene un déficit en reciclar basura. *El Comercio*. Recuperado el 16 de Junio de 2018 de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-deficit-reciclar-basura-contaminacion.html>



- Alegoz, M., Kaya, O. y Pelin Bayindir, Z. (2020). Closing the loop in supply chains: Economic and environmental effects. *Computers & Industrial Engineering*, 142, 106366. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106366>
- Arroyo López, P., Villanueva Bringas, M., Gaytán Iniestra, J. y García Vargas, M. (2014). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos: Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa. *Contaduría y Administración*, 59(1), 9-41. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71242-2](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71242-2)
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson Education.
- Bencardino, C. M. (2012). *Estadística y Muestreo* (13ª ed.). Ecoe ediciones.
- Bergquist, K. y Abesyssekera, J. (1996). Quality function deployment (QFD) – A means for developing usable products. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18(4), 269-275. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(95\)00051-8](https://doi.org/10.1016/0169-8141(95)00051-8)
- Cajamarca Cajamarca, E. S., Bueno Sagbaicela, W. R. y Jimbo Dias, J. S. (2019). De cero a dinero: La basura como fuente principal para un negocio inclusivo de reciclaje. *Retos*, 9(17), 71-87. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.05>
- Calantone, R. J., Di Benedetto, C. A. y Schmidt, J. B. (1999). Using analytical hierarchy process in new product screening. *International Journal of Production and Innovation Management*, 16(1), 65-76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0737678298000368>
- Cartopel. (2019). *Organización industrial de los sectores papeler y cartonero*. <http://www.cartopel.com/cartopel/nosotros/>
- Chan, C. K., Man, N., Fang, F. y Campbell, J. (2019). Supply Chain Coordination with Reverse Logistics: A Vendor/Recycler-Buyer Synchronized Cycles Model. *Omega*, 95, 102090. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.07.006>
- Chud Pantoja, V. L., Osorio Gómez, J. C. y Peña Montoya, C. C. (2018). Modelo multicriterio como soporte a la gestión de residuos de vidrio en una cadena de suministro de ciclo cerrado. *Revista ESPACIOS*, 39(22), 20. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n22/18392220.html>
- Delgado-Galván, X., Herrera, M., Izquierdo, J. y Pérez-García, R. (Enero de 2011). *Aplicaciones de la Metodología AHP para la Toma de Decisiones en la Gestión de la Red de Abastecimiento* [Ponencia]. XI Seminario Iberoamericano de planificación, proyecto y operación de abastecimiento de agua (SEREA), Morelia, México. https://www.researchgate.net/publication/307209991_APLICACIONES_DE_LA_METODOLOGIA_AHP_PARA_LA_TOMA_DE_DECISIONES_EN_LA_GESTION_DE_LA_RED_DE_ABASTECIMIENTO
- Dweiri, F. y Al-oqla, F. (2006). Material selection using analytical hierarchy process. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 26(4), 182-189. <https://doi.org/10.1504/IJCAT.2006.010763>
- Dweiri, F. y Meirer, F. (1996). Application of fuzzy decision-making in facility lay out planning. *International Journal of Production Research*, 34(11), 3207-3225. <https://doi.org/10.1080/00207549608905085>
- Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP). (26 de Octubre de 2014). *Reciclaje*. <https://emac.gob.ec/servicios/reciclaje/>
- Estaún, M. (31 de Diciembre de 2018). *La Cadena de Gestión de Suministro (SCM): qué es y cuáles son las ventajas que ofrece*. Escuela de Negocios de la Innovación y los Emprendedores (IEBS). <https://www.iebschool.com/blog/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/>
- Farooque, M., Zhang, A., Thurer, M., Qu, T. y Huisingsh, D. (2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 882-900. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., Martínez Curbelo, G. y Cobas 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2015.03.005>
- Feng, L., Govindan, K. y Chunfa, L. (2017). Strategic planning: Design and coordination for dual-recycling channel reverse supply chain considering consumer behavior. *European Journal of Operational Research*, 260(2), 601-612. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.12.050>
- Giri, B. y Dey, S. (2019). Game Theoretic Analysis of A Closed-loop Supply Chain with Backup Supplier under Dual Channel Recycling. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 179-191. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.035>
- Gómez Montoya, R. A., Zuluaga Mazo, A. y Vásquez Noreña, G. L. (2015). Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos. *Ingenierías USBMed*, 6(2), 5-14. <https://doi.org/10.21500/20275846.1726>
- Gunasekaran, A., Patel, C. y Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2), 71-87. <https://doi.org/10.1108/01443570110358468>
- Güngör, Z. y Arikan, F. (2000). Application of fuzzy decision-making in part-machine grouping. *International Journal of Production Economics*, 63(2), 181-193. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00010-9)
- Jafari, H., Reza Hejazi, S. y Rasti-Barzoki, M. (2017). Sustainable development by waste recycling under a three-echelon supply chain: A game-theoretic approach. *Journal of Cleaner Production*, 142(part. 4), 2252-2261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.051>
- Klaus, D. G. (2013). Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making In Corporate Enterprises – A New AHP Excel Template with Multiple Inputs. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, 1-10. <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.047>
- Li, J., Su, Q. y Keung Lai, K. (2019). The research on abatement strategy for manufacturer in the supply chain under information asymmetry. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117514. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.345>
- Long, X., Ge, J., Shu, T. y Liu, Y. (2019). Analysis for recycling and remanufacturing strategies in a supply chain considering consumers' heterogeneous WTP. *Resources, Conservation & Recycling*, 148, 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.001>
- Ma, H.-L., Wang, Z. y Chan, F. T. (2019). How important are supply chain collaborative factors in supply chain finance? A view of financial service providers in China. *International Journal of Production Economics*, 219, 341-346. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.002>
- Mayyas, A., Steward, D. y Mann, M. (2019). The case for recycling: Overview and challenges in the material supply chain for automotive li-ion batteries. *Sustainable Materials and Technologies*, 19, e00087. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2018.e00087>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Acker, K. V., de Meester, S. y Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation & Recycling*, 146, 452-461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Ni, W. y Sun, H. (2019). The effect of sustainable supply chain management on business performance: Implications for integrating the entire supply chain in the Chinese manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1176-1186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.384>
- Parsaeifar, S., Bozorgi-Amiri, A., Naimi-Sadigh, A. y Sadegh Sangari, M. (2019). A game theoretical for coordination of pricing, recycling, and green product decisions in the supply chain. *Journal of Cleaner Production*,

- 226, 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.343>
- Partovi, F., Burton, J. y Banerjee, A. (1990). Application of analytical hierarchy process in operation management. *International Journal of Operations & Production Management*, 10(3), 5-19. <https://doi.org/10.1108/01443579010134945>
- Percin, S. (2006). An application of the integrated AHP-PGP model in supplier selection. *Measuring Business Excellence*, 10(4), 34-49. <https://doi.org/10.1108/13683040610719263>
- Rodrigo-Cano, D., Picó, M. J. y Dimuro, G. (2019). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como marco para la acción y la intervención social y ambiental. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 25-36. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.02>
- Saaty, T. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Sharma, M. K. y Bhagwat, R. (2007). An integrated BSC-AHP approach for supply chain management evaluation. *Measuring Business Excellence*, 11(3), 57-68. <https://doi.org/10.1108/13683040710820755>
- Sureshchandar, G. y Leisten, R. (2006). A framework for evaluating criticality of software metrics: an analytical hierarchy process (AHP) approach. *Measuring Business Excellence*, 10(4), 22-33. <https://doi.org/10.1108/13683040610719254>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2015). *Sustainable Development Goals*. <https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>
- Wang, N., He, Q. y Jiang, B. (2018). Hybrid closed-loop supply chains with competition in recycling and product markets. *International Journal of Production Economics*, 217, 246-258. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.01.002>
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1990). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Xing, E., Shi, C., Zhang, J., Cheng, S., Lin, J. y Ni, S. (2020). Double third-party recycling closed-loop supply chain decision under the perspective of carbon trading. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120651. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120651>
- Xu, M., Cui, Y., Hu, M., Xu, X., Zhang, Z., Liang, S. y Qu, S. (2019). Supply chain sustainability risk and assessment. *Journal of Cleaner Production*, 225, 857-867. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.307>
- Zhao, J., Wang, C. y Xu, L. (2019). Decision for Pricing, Service, and Recycling of Closed-loop Supply Chains Considering Different Remanufacturing Roles and Technology Authorizations. *Computers & Industrial Engineering*, 132, 59-73. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.019>