**NOMBRE DEL SIMPOSIO O TALLER**

(El nombre de la comisión o sub-evento responde a las oficialmente declaradas en las comunicaciones de la Convención. Deberá escribirse en mayúscula, Times New Roman, Negrita y 14 de tamaño tal y como aparece en el acápite)

**Evaluación del desempeño de la cadena de suministro sostenible enfocada a procesos**

**Assessment of sustainable supply chain performance with process approach**

**Andrey Vinajera Zamora1, Roberto Cespón Castro2, Fernando Marrero Delgado3**

1- Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: andreyvz@uclv.edu.cu

2- Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: rcespon@uclv.edu.cu

3- Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: fmarrero@uclv.edu.cu

**Resumen:** (el resumen deberá ser estructurado y no exceder las 250 palabras de extensión).

* **Problemática:** Evaluar el desempeño de la cadena de suministro sostenible con enfoque a procesos.
* **Objetivo(s):** proponer el índice de desempeño de la cadena de suministro sostenible
* **Metodología:** Compuesta por con enfoque a procesos, utilizando métodos como Análisis de Ciclo de Vida y Jerarquías Analíticas o de Saaty, este último basado en múltiples criterios. Los criterios considerados fueron: productividad, servicio al cliente, valor agregado, eco-eficiencia y rentabilidad.
* **Resultados y discusión:** se obtuvo un mejoramiento de la sostenibilidad de la cadena estudiada, lo que demostró su novedad y factibilidad de aplicación.
* **Conclusiones:** La investigación cubre el vacío de conocimiento dejado por los autores consultados en la bibliografía especializada en la medición del desempeño de las cadenas de suministro sostenibles, facilitando su monitoreo y mejoramiento continuo.

***Abstract:***

* ***Problematic****: Evaluate the performance of the sustainable supply chain with a focus on processes.*
* ***Objective*** *(s): propose the sustainable supply chain performance index*
* ***Methodology****: Composed of with a focus on processes, using methods such as Life Cycle Analysis and Analytical Hierarchies or Saaty, the latter based on multiple criteria. The criteria considered were: productivity, customer service, added value, eco-efficiency and profitability.*
* ***Results and discussion****: an improvement in the sustainability of the chain studied was obtained, which demonstrated its novelty and feasibility of application.*
* ***Conclusions****: The research covers the knowledge gap left by the authors consulted in the specialized bibliography in the measurement of sustainable supply chain performance, facilitating its monitoring and continuous improvement.*

**Palabras Clave:** desempeño; cadena de suministro sostenible; multicriterio

*Keywords:* *performance; sustainable supply chain; multicriteria.*

**1. Introducción**

El incremento de la complejidad de las cadenas de suministros (CS) lleva a que los investigadores reconozcan la necesidad de medir y monitorear su funcionamiento como forma de evaluar el desempeño organizacional, gestionar efectivamente las actividades y ser más competitivo (Sánchez-Flores, Ojeda-Benítez, Cruz-Sotelo y Navarro-González, 2020; Avelar Sosa, García-Alcaraz y Maldonado Macías, 2019; Hemalatha y Rambabu, 2017). Esta complejidad es consistente con la cantidad de actores presentes, por lo que ha sido un aspecto debatido en la literatura (Narimissa, Kangarani-Farahani y Molla-Alizadeh-Zavardehi, 2020a; Mohaghar, 2014). También se reconoce la necesidad de medir el desempeño de la CS (Ahi y Searcy, 2015), de poseer capacidades ágiles como condiciones necesarias para maximizar el desempeño de la cadena de suministro sostenible (Gey, Yusuf, Menhat, Abubakar y Ogbuke, 2020) y de administrar la relación entre los participantes y sus recursos (Icarte Ahumada, 2016). En la actualidad el desempeño de las se considera un factor clave de análisis para el mejoramiento de los procesos de dichas cadenas (Kumar, Kumar, Rao y Veeramalla, 2019).

La mejora continua de las CS requiere de una colaboración efectiva de todos los elementos que la componen (Parmenter, 2015). Este enfoque de gestión hace necesario reducir el riesgo y el negativo impacto ambiental a los niveles fijados (Dey y Cheffi, 2013), acentuando la utilidad de considerar varios criterios para evaluar y mejorar el desempeño de la CS, mediante métricas integradas en un indicador o índice general (Anand y Grover, 2015).

Las expectativas del siglo XXI han cambiado y se observa un énfasis en las prácticas limpias y la dimensión social, manteniéndose el criterio económico en el desempeño de una CS, con el nombre de cadenas de suministro sostenibles (CSS) (Chacón Vargas y Moreno Mantilla, 2016; Chin, Tat y Sulaiman, 2015). La sostenibilidad en el desempeño de la CS (Katiyar, Barua, Tibrewala y Kumar, 2018), ha ganado interés entre académicos y empresarios por la consideración de aspectos sociales y ambientales (Mani, Gunasekaran y Delgado, 2018). Esto requiere de mecanismos robustos de medición, necesarios para transitar hacia una economía más limpia (Acquaye, Ibn, Genovese, Afrifa, Yamoah y Oppon, 2017). Las métricas empleadas en esta evaluación están dirigidas a los actores claves, al contexto de sostenibilidad y a sus características.

Varios investigadores han realizado importantes aportes utilizando técnicas con enfoque difuso debido a la incertidumbre de la información para evaluar el desempeño, sin mostrar un indicador integral. A su vez, estos indicadores están compuestos por criterios con un enfoque funcional o departamental de la CS (Acquaye et al. 2017; Chin et al., 2015; Jakhar, 2015; Sopadang, Wichaisri y Banomyong, 2017; Tong, 2017; Uygun y Dede, 2016; Wang, 2012; Zhang, 2017) y no por procesos, con la excepción de (Tsai y Hung, 2009). Tsai y Hung (2009), aunque analizaron el desempeño de CS mediante criterios con enfoque a procesos internos, solo consideraron los eslabones de abastecimiento y manufactura, utilizando criterios de las dimensiones económica y ambiental. También fueron utilizados métodos basados en múltiples criterios, como el de Jerarquías Analíticas o de Saaty (AHP), pero sin proponer un indicador integral y los criterios utilizados fueron funcionales.

Los autores mencionados en el tema de la evaluación del desempeño de CSS han realizado aportes importantes, entre los que resaltan el empleo de diferentes herramientas matemáticas incluyendo métodos basados en múltiples criterios, el tratamiento de hasta dos dimensiones del desarrollo sostenible y algunas incursiones en el enfoque a procesos de las CS. Todos combinan métodos de investigación cuantitativos y cualitativos, lo cual es acertado en estos estudios. Sin embargo, dejan una brecha en la investigación hacia la definición de un indicador integral para evaluar toda la CS con enfoque a procesos considerando las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

Es opinión de los autores del presente artículo que, si bien es importante la evaluación de procesos y eslabones de una CS, también es necesario evaluarla integralmente. Esta afirmación se justifica por la presencia de las denominadas relaciones de conflicto en la toma de decisiones, donde mejoras en algún proceso, pueden deteriorar el funcionamiento de otros y de la CS como un todo. Ello se acentúa cuando se consideran diferentes dimensiones de la sostenibilidad, por lo que las medidas que se apliquen deben mejorar el desempeño de toda la CS. Por esa razón, el objetivo general del presente artículo resulta desarrollar una herramienta metodológica para evaluar el desempeño de CSS, mediante un indicador integral e indicadores parciales enfocados a procesos, considerando las tres dimensiones de la sostenibilidad y empleando métodos basados en múltiples criterios.

Para demostrar la factibilidad y bondades de la herramienta metodológica desarrollada, se tomó como estudio de caso la CS cubana de contadores de energía eléctrica. Esta CS utilizaba un enfoque a procesos en la gestión, pero basaba la toma de decisiones logísticas en los tradicionales criterios económicos y carecía de una herramienta que incluyera criterios ambientales y sociales, constituyó esta la situación problemática que originó la investigación. Para facilitar la lectura y comprensión, el artículo fue estructurado en las siguientes secciones: introducción, marco teórico, metodología, análisis de los resultados y conclusiones.

**2. Metodología**

El método propuesto está compuesto por cinco pasos de trabajo que son explicados a continuación:

* Paso 1 - Seleccionar criterios para calcular el SCPI. Se identifican los posibles criterios que pudieran servir para calcular el desempeño de la CSS. Primeramente, se deberá seleccionar un grupo de expertos en el tema que puedan de forma rápida y eficiente identificarlos y seleccionarlos. Luego, se deberá realizar una búsqueda en la literatura que permita la identificación de los posibles criterios a considerar en la evaluación. Una vez definidos, se deberán seleccionar los que se ajustan a las características del objeto de estudio. Para ello, pueden emplearse grupos de expertos apoyados por métodos de clasificación. Los criterios seleccionados para la evaluación deberán analizar las dimensiones económicas, ambientales y sociales.
* Paso 2 - Establecer escala para cada criterio. Luego de calculados e identificados los expertos se fija la escala de evaluación para cada criterio y para el desempeño de la CSS. Para esto se pueden emplear técnicas de recopilación de información. La aplicación de los pasos 1 y 2 serán demostrados en el acápite referido a los resultados.
* Paso 3 - Calcular valor de cada criterio. Los criterios seleccionados para la evaluación del desempeño del estudio de caso, contenidos en el presente artículo, luego de aplicados los pasos anteriores fueron: servicio al cliente, productividad, rentabilidad, valor agregado e impacto ambiental. En el caso de los criterios servicio al cliente y rentabilidad se determinan de manera general para la CS, mientras que los restantes, requieren un desglose por tipo de producto y proceso. La evaluación de cada uno de ellos se explica a continuación:
* Servicio al cliente. Para evaluar el nivel servicio al cliente (NSC) en las condiciones del estudio de caso desarrollado se empleó una encuesta que fue aplicada a los clientes para analizar los aspectos siguientes: expectativas del producto, entrega de pedidos, relaciones cliente-proveedor, disponibilidad del producto, calidad del producto, servicio postventa y correspondencia entre calidad y precio. Para ello, se utilizó una escala de Likert (1-pésima, 2-muy mala, 3-mala, 4-regular, 5-buena, 6-muy buena y 7-excelente). Luego se procesaron los resultados obteniéndose el valor del NSC.
* Tasa de valor agregado. Los autores del presente trabajo, consideran la tasa de valor agregado (TVA), como la relación del valor que se agrega a un producto, respecto al que se debía agregar, incluyendo los artículos recuperados. Algunos de los parámetros que comprenden su determinación están referidos a la unidad de producto y otros para un período de tiempo determinado. En este último caso, se toma el año como período analizado. El cálculo de TVA se realiza mediante las expresiones (1), (2), (3) y (4), donde TVA es la tasa de valor agregado total de la CS; VAj,  el valor real agregado al producto j en unidades monetarias al año; VATj,  el valor total que se debió agregar al producto j en unidades monetarias anuales; VARj es el valor agregado total a los productos j reprocesados en unidades monetarias al año; Vpj es el volumen de producción del producto j en unidades de productos anuales; VAij, el valor agregado al producto j en el proceso i en unidades monetarias por unidad de producto; Cpdj, la cantidad de productos j defectuosos en unidades de productos anuales; Prj, la cantidad total de productos j recuperados en unidades de productos al año y n es la cantidad de procesos de la CS. Las expresiones para el cálculo de la TVA fueron diseñadas bajo el supuesto de que todo producto defectuoso será reprocesado desde el inicio de la CS.

 (1)

 (2)

 (3)

 (4)

Para calcular el VAij, se utilizó la metodología de Vinajera-Zamora, Marrero-Delgado y Ruiz-Morales (2017), reflejada en las expresiones (5) y (6). El término Swij expresa el peso específico promedio del proceso i en el producto j, es decir el nivel de importancia de un proceso en el producto que se procesa. Constituye un valor promedio de la relación de tres parámetros esenciales que son: el costo agregado por el proceso i al producto j en unidades monetarias por unidad de producto (Cij), respecto al costo total de producto para toda la CS en las mismas unidades de medida (Cj); tiempo de elaboración del proceso i en el producto j en unidades de tiempo por unidad de producto (tij) respecto al tiempo del producto en la CS en iguales unidades de medida (Tj) y finalmente el tiempo de retraso promedio total del producto i en unidades de tiempo por unidad de producto (Dtij), respecto al tiempo total de retraso del producto en toda la CS en las mismas unidades (Dt). De esta forma se considera el impacto del proceso más costoso, el que más demora y el que mayores atrasos provoca. El otro término empleado es Bj, que constituye el beneficio neto del producto j en unidades monetarias por unidad de producto.

 (5)

 (6)

* Productividad. En este criterio se propuso el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que parte de identificar las entradas (materias primas, energía y otros insumos) y las salidas (por ejemplo productos y recursos financieros) que son analizados para establecer pesos de esas entradas y salidas. Con estos pesos se calculan las eficiencias en el consumo de los recursos que se ubican en una matriz de eficiencia cruzada y se determina el valor promedio mediante la expresión (7), donde (Pj) es la productividad del producto j en la CS y eij es la eficiencia promedio del proceso i en el producto j. El valor de (Pj) debe fluctuar entre 0 y 1, siendo mayor la productividad en la medida que se acerca al extremo superior.

 (7)

* Rentabilidad. La rentabilidad debe ser calculada utilizando el modelo DUPONT de rendimiento sobre la inversión (ROI, por sus siglas en inglés) a través de la expresión (8), donde Np son las ganancias netas y A los activos, ambos expresados en unidades monetarias totales.

 (8)

* Impacto ambiental. Para el análisis del impacto ambiental fue utilizada la metodología del ACV. Para ello se procedió al empleo del modelo del DEA, resultando en el procedimiento ACV+DEA propuesto por (Vázquez-Rowe, Iribarren, Moreira y Feijoo, 2010). Sin embargo, para el presente estudio se le realizaron otras modificaciones a este procedimiento quedando formado por los pasos siguientes: 1) obtener los datos que necesitan ser incluidos en el inventario de ciclo de vida; 2) caracterización ambiental de los procesos, 3) calcular la eco-eficiencia de los procesos.

Las mencionadas modificaciones fueron: la primera, en el tercer paso, que coincide con el tercer paso del procedimiento ACV+DEA, se aplicó el modelo propuesto por Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz y Lozano (2009) que toma como datos de entradas los impactos ambientales y no los recursos empleados como el método de Vázquez-Rowe et al. (2010). La segunda modificación es derivada del enfoque a procesos utilizados, por lo que fueron incorporados los valores de VAij calculados a través de la expresión (6), en lugar del precio del producto j que propone el DEA. El modelo modificado se presenta mediante el conjunto de ecuaciones (9).

 (9)

En este modelo (9), la variable a optimizar esel valor de la eco eficiencia del proceso i en el producto j (γij) expresada en eco puntos o puntos ambientales; las variables de decisión son la reducción de la categoría de impacto ambiental k para llegar a la eco-eficiencia (αk)en iguales unidades de medida, utilizando el Ecoindicador 99 y el vector de pesos del proceso i (λi). Por su parte (Iik) es un parámetro de entrada que expresa el impacto ambiental del proceso i en la categoría ambiental k, (n) la cantidad de procesos y (c) cantidad de categorías de impacto ambiental.

Una vez obtenida la eco-eficiencia de cada una de los procesos, se calcula la eco-eficiencia de la CS a través de la expresión (10), Wi es el peso promedio del proceso i según componentes ambientales (expresión 11), n, cij y tij son términos ya explicados en las expresiones (3), (4) y (5), Iaij (T) es el impacto ambiental del proceso i al procesar el producto j en un periodo de tiempo T (suma de los impactos ambientales en cada una de las categorías) y tnij es el tiempo normado total para el proceso i en el producto j en unidades de tiempo por unidad de producto. El resultado de la eco-eficiencia fluctúa entre 0 y 1, siendo deseables aquellos valores que más se aproximen al extremo superior.

A los efectos del presente artículo, el término eco-eficiencia en la CS, expresa un estado de perfección respecto a la dimensión ambiental que desde el punto de vista práctico nunca es alcanzable, por lo que siempre es posible encontrar brechas para el mejoramiento.

  (10)

 (11)

* Paso 4 - Determinar peso de cada criterio. Una vez obtenido el valor de cada uno de los criterios se calculan sus respectivos pesos. Para ello se pueden emplear métodos como el de Saaty, Entropía, Diakoulaki, Delphi y otros. En el presente artículo se aplicó el método Saaty (1980) para calcular el peso de cada indicador.
* Paso 5 - Calcular SCPI. Para calcular el nivel de desempeño de la CS se deben homogenizar los criterios llevándolos todos a escalas de máximo (en caso de ser necesario). Luego se determina el SCPI a través de las expresiones (12) y (13).

 (12)

 (13)

Donde Wc es el peso del criterio c, MEc es la máxima evaluación del criterio c, Rppc es la razón de puntos perdidos en el criterio c, c es el índice de criterios, m cantidad de criterios analizados y Ec es la evaluación obtenida por el criterio. Si Rppc obtiene un valor negativo significa que el criterio obtuvo una evaluación mejor que la evaluación máxima propuesta, por lo que los puntos perdidos en dicho criterio serán cero. Con el valor del SCPI, se evalúa el desempeño de la CS utilizando la escala propuesta por los expertos que se explica en el punto correspondiente a los resultados.

**3. Resultados y discusión**

La herramienta metodológica descrita, fue aplicada a la CS de contadores de energía eléctrica (CEE) de 127 y 220 voltios (v), tomada como estudio de caso, que comprende su adquisición en el proveedor extranjero, calibración en la empresa y entrega al cliente (empresas eléctricas del país que lo instalan en las viviendas). Para definir los procesos, se consideraron los dos primeros niveles propuestos por el modelo SCOR, definiéndose en el primer nivel los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución y en el segundo los enumerados del P1 al P10 en la Figura 3 (Jamehshooran et al., 2015; Moharamkhani et al., 2017; Sellitto et al., 2015).

Figura 3. Procesos de la CS de CEE.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la aplicación de la herramienta metodológica se muestran a continuación:

* Paso 1. Seleccionar criterios para calcular el SCPI.

Se aplicó una encuesta a un grupo de expertos[[1]](#footnote-1) previamente seleccionados que dieron una puntuación según la escala de Saaty (1980), atendiendo a sus opiniones sobre el impacto e importancia de estos criterios identificados en la literatura sobre el desempeño de la CS estudiada. Con los resultados de la encuesta se aplicó un método de clasificación (método clúster), para seleccionar los criterios que formarían el SCPI (productividad, servicio al cliente, valor agregado, la rentabilidad e impacto ambiental). El criterio relacionado con los beneficios y las ventas no fue incluido por estar contenidos en la rentabilidad, mientras que el valor agregado fue defendido con fuerza por los expertos, a pesar de no ser uno de los recomendados en la literatura especializada (Figura 2).

* Paso 2. Establecer escala para cada criterio.

Se realizó un trabajo en equipo para determinar la escala de evaluación de cada uno de los criterios (Tabla 1). Una vez determinada la cantidad de evaluaciones, se determinaron todas las posibles combinaciones para el cálculo del SCPI (5 x 5 x 5 x 4 x 5 = 2.500 SCPIs). Luego, fueron procesados cada uno de estos SCPI, clasificados según la escala de la Tabla 1 y se realizó un análisis discriminante para comprobar los límites de cada grupo de evaluación, que permitió corroborar la correcta clasificación del 83,4% de los datos. Ello permitió crear la escala para evaluar el SCPI (última columna, Tabla 1) según los resultados obtenidos del software.

Tabla 1. Evaluación de cada criterio.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Puntos\Criterios | P | NSC | TVA (%) | Ec. Ef | ROI | SCPI |
| Excelente (5) | 0,95-1,00 | 0,97-1,00 | 99,90-100 |  | 0,13-0,15 | 0,95-1,00 |
| Muy Buena (4) | 0,80-0,94 | 0,9-0,96 | 99,00-99,89 | 0,95-1,00 | 0,11-0,12 | 0,88-0,94 |
| Buena (3) | 0,70-0,79 | 0,8-0,89 | 98,50-98,99 | 0,85-0,94 | 0,07-0,10 | 0,69-0,87 |
| Regular (2) | 0,60-0,69 | 0,7-0,79 | 98,00-98,49 | 0,75-0,84 | 0,03-0,06 | 0,55-0,68 |
| Mala (1) | 0-0,59 | 0-0,69 | 0-97,00 | 0-0,74 | 0-0,02 | 0-0,54 |

Nota: P: Productividad; NSC: Nivel de servicio al cliente; TVA: Tasa de valor agregado; ROI: Rentabilidad; Ec.EF: Eco-eficiencia

Fuente: elaboración propia.

* Paso 3. Calcular valor de cada criterio.

Como parte de este paso del procedimiento, se calcularon los valores de cada uno de los criterios para los CEE de 127v y 220v.

* En el caso del NSC se tomó el 100% de los clientes encuestados. Una vez procesados los valores se obtuvo una evaluación para este indicador de 0,93, el cual es evaluado de Muy bueno según su escala (Tabla 2).
* Para el cálculo de la TVA se partió de la determinación del VAij a través de las expresiones (5) y (6) obteniéndose los resultados de la Tabla 2, donde la ganancia de los CEE de 127v y de 220v es de 0,26 y 0,44 pesos por unidad, respectivamente.

Tabla 2. Valor agregado de cada proceso.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Proc. | Swij | Bj($/CEE) | CAij($/CEE) | VAij ($/CEE) |
| 127V | 220v | 127V | 220v | 127V | 220v |
| P-1 | 0,095 | 0,098 | 0,26 | 0,44 | 0,0153 | 0,114 | 0,095 |
| P-2 | 0,025 | 0,029 | 0,0129 | 0,063 | 0,068 |
| P-3 | 0,009 | 0,013 | 0,0003 | 0,048 | 0,049 |
| P-4 | 0,009 | 0,013 | 0,0001 | 0,048 | 0,049 |
| P-5 | 0,116 | 0,114 | 0,1745 | 0,239 | 0,262 |
| P-6 | 0,194 | 0,186 | 0,3624 | 0,438 | 0,478 |
| P-7 | 0,315 | 0,309 | 0,3124 | 0,408 | 0,472 |
| P-8 | 0,196 | 0,188 | 0,3895 | 0,466 | 0,506 |
| P-9 | 0,011 | 0,015 | 0,0087 | 0,057 | 0,058 |
| P-10 | 0,031 | 0,035 | 0,0128 | 0,064 | 0,070 |

Fuente: elaboración propia.

Luego, tomando como base que el volumen total de producción fue de 137.828 contadores eléctricos (CEE) de 127v y 262.172 de 220v, con 295 defectuosos (133 de 127v y 163 de 220v), de los cuales se recuperaron 133 de 127v y 113 de 220v, se obtuvo una TVA de 99,87%. Este valor es considerado como muy bueno en la Tabla 2.

* Para la productividad, donde se utilizó el modelo DEA (Charnes et al., 1978), se tomaron como entradas las mostradas en la Tabla 3, junto con el resultado de la aplicación del modelo (última columna). Luego, aplicando la expresión (7) se obtuvo un valor de 0,766, para una evaluación de Bien en la Tabla 2.
* La rentabilidad al igual que el NSC fue obtenida de manera global. Primeramente, se identificó el nivel de venta (7.398,9 miles de pesos), la utilidad (162,9 miles de pesos) y el total de activos (4.973,8 miles de pesos). Luego, se aplicó la expresión (8) donde se obtuvo un ROI de 0,0328 para una evaluación de regular (Tabla 2).

Tabla 3. Entradas a cada proceso de la CS en 8 horas de trabajo.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Proceso | En | tij (horas/año) | Cij ($/año) | Ob | Pr |
| P-1 | 64,80 | 3,09 | 27,50 | 2 | 0,50 |
| P-2 | 40,80 | 0,51 | 23,22 | 1 | 1,00 |
| P-3 | 60,00 | 0,00 | 0,54 | 1 | 1,00 |
| P-4 | 82,40 | 0,01 | 0,13 | 2 | 1,05 |
| P-5 | 76,80 | 2,74 | 314,10 | 1 | 1,00 |
| P-6 | 121,60 | 5,30 | 652,32 | 3 | 0,33 |
| P-7 | 140,16 | 8,00 | 562,32 | 5 | 0,20 |
| P-8 | 126,40 | 5,95 | 701,10 | 2 | 0,50 |
| P-9 | 25,60 | 0,01 | 15,66 | 1 | 1,05 |
| P-10 | 15,20 | 0,73 | 23,04 | 2 | 1,07 |

En: energía (kw-h); Ob: cantidad de obreros (u); Pr: Productividad (valor entre 0 y 1).

Fuente: elaboración propia.

* En la evaluación del impacto ambiental, se comenzó por determinar el inventario del ciclo de vida para toda la CS analizada (Tabla 4).

Tabla 4. Inventario del ciclo de vida de cada uno de los procesos.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Proceso | En | In | P | D |
| P-1 | 18144 | 0,86 | 0,225 | 0 |
| P-2 | 12544 | 0,79 | 0,004 | 0 |
| P-3 | 16800 | 2,86 | 0,001 | 0 |
| P-4 | 23072 | 17,14 | 0,001 | 2,6 |
| P-5 | 21504 | 2,14 | 3,82 | 0 |
| P-6 | 34048 | 2,14 | 1,72 | 0 |
| P-7 | 39245 | 2,14 | 39,2 | 0 |
| P-8 | 35392 | 2,14 | 3,85 | 0 |
| P-9 | 7168 | 0,86 | 0 | 0 |
| P-10 | P-10 | 4256 | 1,20 | 1,15 |

En: Energía (kw-h / año); In: Infraestructura; (m2/año); P: papel (kg/año); D: Diesel (Kg/año).

Fuente: elaboración propia.

Luego, se calcularon las categorías de impacto ambiental según el Eco-Indicador 99 y se aplicó el modelo mostrado por el conjunto de ecuaciones (9), hasta obtener la eco-eficiencia para cada proceso (última columna, Tabla 5). Por último, se aplicó la expresión (10), siendo el resultado final de la eco-eficiencia de la CS de 0.726, para una evaluación de Mal (Tabla 2).

Tabla 5. Impacto ambiental anual de los procesos considerados.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Proceso | CE(eco-puntos) | SH(eco-puntos) | R(eco-puntos) | Ec(eco-puntos) |
| P-1 | 11 | 34 | 18 | 0 |
| P-2 | 2 | 49 | 59 | 64 |
| P-3 | 1 | 70 | 59 | 0 |
| P-4 | 22 | 5660 | 377 | 6017 |
| P-5 | 114 | 39854 | 215 | 39999 |
| P-6 | 179 | 63079 | 315 | 63236 |
| P-7 | 208 | 72702 | 358 | 72908 |
| P-8 | 2 | 313 | 46 | 0 |
| P-9 | 0.3 | 23 | 18 | 0 |
| P-10 | P-10 | 4256 | 1,20 | 1,15 |

CE: calidad del ecosistema; SH: Salud humana; R: recursos; Ec: eco-eficiencia.

Fuente: elaboración propia.

* Paso 4. Determinar el peso de cada criterio

Para el cálculo del peso de cada criterio se aplicó el método de Saaty (1980). En la Tabla 6 se muestra el valor de los criterios de la CS estudiada y los pesos calculados para cada uno de ellos. Los resultados de cada criterio, se corresponden con los obtenidos en el paso 3 de la herramienta metodológica.

Tabla 6. Cálculo del peso de cada criterio.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Productos/Criterios | P | NSC | TVA (%) | Ec. Ef | ROI |
| Contadores de energía eléctrica | 0,766 | 0,930 | 0,998 | 0,726 | 0,0328 |
| Pesos | 0,2391 | 0,2552 | 0,1015 | 0,1934 | 0,2107 |

Fuente: elaboración propia.

* Paso 5. Calcular SCPI

Se procede al cálculo del SCPI que integra todos los criterios considerando el aporte de cada uno a la sostenibilidad de la CS. La Figura 4 muestra este resultado. Se puede observar para cada criterio el peso ponderado y el valor obtenido del criterio en los pasos anteriores (Tabla 6), conjuntamente con su evaluación.

Figura 4. Datos para el cálculo del SCPI.

Fuente: elaboración propia.

Aplicando la expresión (12) se obtuvo un valor de SCPI de 0,561. Según la escala propuesta (Tabla 1) el desempeño de la CS es Regular. Este resultado refleja la necesidad de buscar las causas y aplicar mejoras para toda la CS. El peor comportamiento lo muestran los criterios eco-eficiencia y rentabilidad. Luego de propuestas las mejoras, se aplica nuevamente la metodología y de ser positivo su impacto se pone en práctica. En un estudio posterior realizado por Vinajera-Zamora, Sarache-Castro, Cespón-Castro y Marrero-Delgado (2014), se detectaron las principales causas de este comportamiento y las acciones de mejora emprendidas fueron:

-La cantidad de productos que se deben recuperar por fallas humanas y del equipo. Esto implicó el comienzo de un programa de capacitación, de revisión del sistema de mantenimiento implantado y adecuación de los puntos de control de la calidad.

-La existencia de reservas de capacidad tanto de equipos como de obreros, unido a dificultades de financiamiento para la compra de nuevos insumos. Como acción de mejora, se inició un estudio para el desarrollo de la CS inversa, que permitió la recuperación de los productos dañados utilizados por la población.

La herramienta metodológica y el SCPI propuestos permitieron medir el desempeño de la CS tomada como objeto de estudio práctico, utilizando métodos basados en múltiples criterios, con orientación a procesos y considerando las dimensiones económica, ambiental y social. Con ello, se logra llenar el vacío de conocimiento dejado por las metodologías y aplicaciones que lo precedieron planteados en la figura 1.

La CS estudiada fue evaluada de regular, según el SCPI propuesto, siendo los criterios de eco-eficiencia y rentabilidad los principales responsables de este comportamiento. Además, fue posible medir el acierto en las acciones de mejora emprendidas, no solo en los mencionados criterios, sino sobre la sostenibilidad de toda la CSS. Los resultados mostrados, son flexibles de aplicar en otras CS con las modificaciones correspondientes, garantizando su mejora continua.

Este trabajo, al igual que otros desarrollados con fines similares, tiene como limitante que, a nivel mundial, la mayor parte de las CS miden su desempeño considerando esencialmente el criterio económico, lo que dificulta realizar comparaciones en el corto plazo. Sin embargo, todo apunta a que las CSS terminarán predominando.

**4. Conclusiones**

La literatura especializada y la práctica empresarial, reconocen la importancia de medir el desempeño de las CS y transitar hacia CSS. Al respecto, existen aportes importantes que constituyeron el punto de partida del presente trabajo, conjuntamente con la situación problemática definida en la CS estudiada.

Esta investigación cubre el vacío de conocimiento dejado por los autores consultados en la bibliografía especializada en la medición del desempeño de CSS, facilitando su monitoreo y mejoramiento continuo. Presenta como novedad la integración del enfoque a procesos, los métodos basados en múltiples criterios y la sostenibilidad. Además, el SCPI obtenido permite tomar decisiones sobre toda la CS de forma integral, considerando las situaciones de conflicto que se puedan presentar.

Resultaría interesante, el desarrollo de trabajos similares para evaluar CSS con enfoque a procesos, con el empleo de otros métodos como los estadísticos y la lógica difusa por solo citar algunos. Sin embargo, conjuntamente con la necesaria generalización de trabajos como el presentado, el mayor reto se encuentra en las investigaciones de la dimensión social de la CS, pues posee aún muchas aristas en las que se debe profundizar.

**5. Referencias bibliográficas**

Acquaye, A., Ibn-Mohammed, T., Genovese, A., Afrifa, G. A., Yamoah, F. A. y Oppon, E. (2017). A quantitative model for environmentally sustainable supply chain performance measurement. *European Journal of Operational Research*, *268*(1), 188–205. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.10.057

Ahi, P. y Searcy, C. (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, *86*(1), 360–377. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.005

Ala-Harja, H. y Helo, P. (2016). Food supply chain sustainable performance in plant decision. *International Journal of Advanced Logistics*, *5*(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/2287108X.2015.1103542

Amad-Saeed, M. y Kersten, W. (2017). Supply chain sustainability performance indicators - a content analysis based on published standards and guidelines. *Logistics Research*, *10*(12), 1-19. https://doi.org/10.23773/2017\_12

Anand, N. y Grover, N. (2015). Measuring retail supply chain performance: Theoretical model using key performance indicators (KPIs). *Benchmarking*, *22*(1), 135–166. https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2012-0034

Avelar-Sosa, L., García-Alcaraz, J. L. y Maldonado-Macías, A. A. (2019). Conceptualization of Supply Chain Performance. In *Evaluation of Supply Chain Performance: A Manufacturing Industry Approach* (pp. 69–89). Cham: Spinger. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93876-9\_5

Barba-Gutiérrez, Y., Adenso-Díaz, B. y Lozano, S. (2009). Eco-efficiency of electric and electronic appliances: A data envelopment analysis (DEA). *Environmental Modeling and Assessment*, *14*(4), 439–447. https://doi.org/10.1007/s10666-007-9134-2

Chacón Vargas, J. R. y Moreno Mantilla, C. E. (2016). Organizational antecedents and capabilities for sustainable supply chain management in developing economies: The case of Colombian focal firms. *Cuadernos de Administración*, *29*(53), 101-146. https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao29-53.oacs

Charnes, A., Cooper, W. W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429–444.

Chin, T. A., Tat, H. H. y Sulaiman, Z. (2015). Green Supply Chain Management, Environmental Collaboration and Sustainability Performance. *Procedia CIRP*, *26*, 695–699. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.035

Dey, P. K. y Cheffi, W. (2013). Green supply chain performance measurement using the analytic hierarchy process: A comparative analysis of manufacturing organisations. *Production Planning and Control*, *24*(8–9), 702–720. https://doi.org/10.1080/09537287.2012.666859

Dossou, P. E. y Nachidi, M. (2017). Modeling Supply Chain Performance. *Procedia Manufacturing*, *11*, 838–845. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.186

Dushyanth Kumar, K. R., Shivashankar, G. S. y Kadadevaramath, R. S. (2017). Lean Supply Chain Performance Metrics for the better Manufacturing Process. *Indian Journal of Science and Technology*, *10*(11), 1–7. https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i11/106135

Egiguren, J. A. E. y Elordi, A. G. (2011). Diseño, aplicación y evaluación de un modelo para la mejora de procesos en sectores industriales maduros. Estudio del caso. *DYNA*, *86*(1), 59–73. <http://dx.doi.org/10.6036/3734>

Elgazzar, S., Tipi, N. y Jones, G. (2019). Key characteristics for designing a supply chain performance measurement system. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *68*(2), 296–318. https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2018-0147

Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., Rubio Rodríguez, M. A. (2016). Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, *24*(1), 135–148. https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000100013

Gao, Y., Li, J. y Song, Y. (2009). Performance evaluation of green supply chain management based on membership conversion algorithm. In *Proceeding: IEEE International Colloquium on Computing, Communication, Control and Management* (p. 237–240). Sanya, China. https://doi.org/10.1109/CCCM.2009.5267895

Gey, D. G., Yusuf, Y., Menhat, M. S., Abubakar, T., y Ogbuke, N. J. (2020). Agile capabilities as necessary conditions for maximising sustainable supply chain performance: An empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, *222*, 107501. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.09.022

Golghate, C. D. y Pawar, M. S. (2013). Measurement and analysis of the plastic films green supply chain performance. *International Journal of Intelligent Enterprise*, *2*(1), 21–45. https://doi.org/10.1504/IJIE.2013.057332

Gopal, P. R. C. y Thakkar, J. (2015). Development of composite sustainable supply chain performance index for the automobile industry. *International Journal of Sustainable Engineering*, 8(6), 366-385. https://doi.org/10.1080/19397038.2014.947392

Guan, Y. H., Cheng, H. F. y Ye, Y. (2010). Performance Evaluation of Sustainable Supply Chain Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation. *Applied Mechanics and Materials*, *26*–*28*, 1004–1007. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.26-28.1004

Hemalatha, S., Rao, K. N., Rambabu, G. y Venkatasubbaiah, K. (2017). Supply chain performance evaluation through AHM and Membership degree transformation. *Materials Today: Proceedings*, *4*(8), 7848–7858. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.120

Icarte-Ahumada, G. A. (2016). Aplicaciones de inteligencia artificial en procesos de cadenas de suministros: una revisión sistemática Applications of artificial intelligence in supply chain process : a systematic review. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 24(4), 663–679. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000400011

Jakhar, S. K. (2015). Performance evaluation and a flow allocation decision model for a sustainable supply chain of an apparel industry. *Journal of Cleaner Production*, *87*(15), 391–413. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.089

Jamehshooran, B. G., Shaharoun, A. M. y Haron, H. N. (2015). Assessing Supply Chain Performance through Applying the SCOR Model. *International Journal of Supply Chain Management*, *4*(1), 1–11.

Jellali, A. y Benaissa, M. (2015). Sustainable performance evaluation of the supply chain. *Advanced Logistics and Transport (ICALT), 2015 4th International Conference On* (p. 151–156). Valenciennes, France. https://doi.org/10.1109/ICAdLT.2015.7136612

Kaido, B. y Katsuhito, F. (2020) Supply chain and value-added distribution of pineapple fruit in Muaro Jambi Regency, Jambi province, Indonesia. International Journal of Research in Economics and Social Sciences (IJRESS), 10(2).

Katiyar, R., Meena, P. L., Barua, M. K., Tibrewala, R. y Kumar, G. (2018). Impact of sustainability and manufacturing practices on supply chain performance: Findings from an emerging economy. *International Journal of Production Economics*, *197*, 303–316. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.12.007

Kumar, V., Kumar, V., Rao, Y. y Veeramalla, S. (2019). Supply Chain Performance Influencer in Construction Domain: A Key Factor Analysis. *International Journal of Supply Chain Management*, *4*(1), 1–7. https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.26.27938

Liu, X. y Wang, Z. (2011). The Performance Evaluation of Green Supply Chain of Enterprise. In: Zhou Q. (eds), *Applied Economics, Business and Development.* ISAEBD 2011. Communications in Computer and Information Science (vol. 208, pp. 304-309). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23023-3\_46

Mani, V., Gunasekaran, A. y Delgado, C. (2018). Enhancing supply chain performance through supplier social sustainability: An emerging economy perspective. *International Journal of Production Economics*, *195*, 259–272. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.025

Mathivathanan, D., Govindan, K. y Haq, A.N. (2017). Exploring the impact of dynamic capabilities on sustainable supply chain firm’s performance using Grey-Analytical Hierarchy Process. *Journal of Cleaner Production*, *147*, 637–653. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.018

Mediavilla, A., Errasti, A. y Domingo, R. (2011). Modelo para la evaluación y mejora del rol estratégico de plantas productivas. Caso de una red global de operaciones. *DYNA*, *86*(4), 405–412.

Miri-Lavassani, K. (2018). Achieving Higher Supply Chain Performance via Business Process Orientation. *Business Process Management Journal*, *24*(3), 671–694. https://doi.org/10.1108/BPMJ-07-2016-0140

Mishra, D., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T. y Hazen, B. (2017). Green supply chain performance measures: A review and bibliometric analysis. *Sustainable Production and Consumption*, *10*, 85–99. https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.01.003

Mohaghar, A. (2014). Performance Evaluation of Green Supply Chain based on LFPP and Balanced Scorecard Approach. *Global Journal of Management Studies and Researches*, *1*(3), 158–163.

Moharamkhani, A., Amiri, A. B. y Mina, H. (2017). Supply chain performance measurement using SCOR model based on interval-valued fuzzy TOPSIS. *International Journal of Logistics Systems and Management*, *27*(1), 115-132. https://doi.org/10.1504/IJLSM.2017.083225

Montero, M., Schmalenberg, A.-C., Quirós, O. y Doluschitz, R. (2018). Identification of Supply Chain Performance Indicators: Case Study of Costa Rican Coffee Production. *Universal Journal of Industrial and Business Management*, *6*(1), 1–10. https://doi.org/10.13189/ujibm.2018.060101

Narimissa, O., Kangarani-Farahani, A., y Molla-Alizadeh-Zavardehi, S. (2020a). Evaluation of sustainable supply chain management performance: Dimensions and aspects. *Sustainable Development*, *28*(1), 1–12. https://doi.org/10.1002/sd.1959

Narimissa, O., Kangarani-Farahani, A., y Molla-Alizadeh-Zavardehi, S. (2020b). Evaluation of sustainable supply chain management performance: Indicators. *Sustainable Development*, *28*(1), 118–131. https://doi.org/10.1002/sd.1976

Pang, Y. (2013). Construction of Green Supply Chain Performance Evaluation System Based On the Balanced Scorecard. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, *5*(8), 655–662.

Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Rujema, S. W., Richu, S. y Aquilars, K. (2015). Effects of Green Purchasing Strategies on Sustainable Supply Chain Performance at Unilever Tea Kenya Limited. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, *15*(2), 296–306.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchical Process*. New York: McGraw-Hill.

Sánchez-Flores, R. B., Ojeda-Benítez, S., Cruz-Sotelo, S. E. y Navarro-González, C. R. (2020). Supply Chain Performance Improvement: A Sustainable Perspective. In J. L. García-Alcaraz, C. Sánchez-Ramírez, L. Avelar-Sosa, G. Alor-Hernández (Eds.), *Techniques, Tools and Methodologies Applied to Global Supply Chain Ecosystems* (pp. 333–358). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26488-8\_15

Schenk, A., Thuronyi, V. y Cui, W. (2016). Value added tax: a comparative approach. *National Tax Journal*, *69*(1), 241–250. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17310/ntj.2016.1.08

Sellitto, M. A., Pereira, G. M., Borchardt, M., da Silva, R. I. y Viegas, C. V. (2015). A SCOR-based model for supply chain performance measurement: application in the footwear industry. *International Journal of Production Research*, *53*(16), 4917–4926. https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005251

Shuwang, W., Lei, Z., Zhifeng, L., Guangfu, L. y Zhang, H. (2005). Study on the Performance Assessment of Green Supply Chain. *2005 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, *1*, 942–947. https://doi.org/10.1109/ICSMC.2005.1571267

Sopadang, A., Wichaisri, S. y Banomyong, R. (2017). Sustainable supply chain performance measurement a case study of the sugar industry. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (p. 1–12). Rabat, Morocco.

Sun, J., Xu, S., y Li, G. (2020). Analyzing sustainable power supply chain performance. *Journal of Enterprise Information Management*. https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0296

Tong, Y. (2017). Model for evaluating the green supply chain performance under low-carbon agricultural economy environment with 2-tuple linguistic information. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, *32*(3), 2717–2723. https://doi.org/10.3233/JIFS-16802

Tortorella, G. L., Giglio, R. y Limon-Romero, J. (2018). Supply chain performance: how lean practices efficiently drive improvements. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *38*(4), 934–956. https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2017-0194

Tripathi, S., y Talukder, B. (2020). Supply Chain Performance and Profitability in Indian Automobile Industry: Evidence of Segmental Difference. *Global Business Review*, 0972150919898302. https://doi.org/10.1177/0972150919898302

Tsai, W.-H. y Hung, S.-J. (2009). A fuzzy goal programming approach for green supply chain optimisation under activity-based costing and performance evaluation with a value-chain structure. *International Journal of Production Research*, *47*(18), 4991–5017. https://doi.org/10.1080/00207540801932498

Tundys, B., y Fernando, Y. (2020). Sustainable supply chain management--Key Performance Indicators (KPI) as an element for measuring of processes. *Transport Economics and Logistics*, *83*, 31–50. https://doi.org/10.26881/etil.2019.83.03

Tyagi, M., Kumar, P. y Kumar, D. (2015). Parametric Selection of Alternatives to Improve Performance of Green Supply Chain Management System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *189*, 449–457. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.197

Tyagi, M., Kumar, P. y Kumar, D. (2017). Modelling and analysis of barriers for supply chain performance measurement system. *International Journal of Operational Research*, *28*(3), 392-414. https://doi.org/10.1504/IJOR.2017.081912

Tyagi, M., Kumar, P. y Kumar, D. (2018). Assessment of CSR based supply chain performance system using an integrated fuzzy AHP-TOPSIS approach. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *21*(4), 378–406. https://doi.org/10.1080/13675567.2017.1422707

Uygun, Ö. y Dede, A. (2016). Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, *102*, 502-511. https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.02.020

Vázquez-Rowe, I., Iribarren, D., Moreira, M. T. y Feijoo, G. (2010). Combined application of life cycle assessment and data envelopment analysis as a methodological approach for the assessment of fisheries. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *15*(3), 272–283. https://doi.org/10.1007/s11367-010-0154-9

Vinajera-Zamora, A., Marrero-Delgado, F., Coello-Machado, N., Glistau, E. (2015). Assessing the efficiency by Data Envelopment Analysis. *8th International Logistics Doctoral Student Workshop* (p. 72–91). Magdeburg, Alemania: Fraunhofer Institute.

Vinajera-Zamora, A., Marrero-Delgado, F. y Ruiz-Morales, M. (2017). Método para calcular el valor agregado en cadenas de suministro de productos electromecánico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, *25*(3), 535–546. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000300535

Vinajera-Zamora, A., Sarache-Castro, W., Cespón-Castro, R. y Marrero-Delgado, F. (2014). Diagnóstico del desempeño de la cadena de suministro de productos electromecanicos. Estudio de casos. *IX Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales* (p. 1–11). Santa Clara, Cuba: Editorial Feijoo.

Wang, F. (2012). Research on performance measurement of green supply chain management. *2nd International Conference on Economics, Trade and Development*, *36*, 111–114.

Zhang, H. (2017). Research on fuzzy evaluation of performance in green supply chain based on environmental economics. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *32*(3), 2625–2631. https://doi.org/10.3233/JIFS-16576

Zhang, X. y Zhiwei, Z. (2009). Study of Green Supply Chain and its Performance Based on Fuzzy AHP and Measurement System. *2009 International Conference on E-Business and Information System Security, Wuhan* (p. 1-5). https://doi.org/10.1109/EBISS.2009.5138081

1. Utilizando un método probabilístico y asumiendo una ley binomial de probabilidad, con un nivel de precisión del 8% (p), una proporción estimada de errores del 2% (i) y para un nivel de confianza del 99% (para determinar k), se obtuvo una necesidad total de 9 expertos ($M=\frac{p\*\left(1-p\right)\*k}{i^{2}}$). [↑](#footnote-ref-1)