



Revista UIS ingenierías

ISSN: 1657-4583

ISSN: 2145-8456

Universidad Industrial de Santander

Vinajera-Zamora, Andrey; Cespón-Castro, Roberto; Marrero-Delgado, Fernando
Determinación del valor agregado sostenible de los procesos en la cadena de suministro
Revista UIS ingenierías, vol. 22, núm. 1, 2023, Enero-Marzo, pp. 35-48
Universidad Industrial de Santander

DOI: <https://doi.org/10.18273/revuin.v22n1-2023004>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553775346004>

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

UAEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Determinación del valor agregado sostenible de los procesos en la cadena de suministro

Determination of the sustainable added value in the supply chain processes

Andrey Vinajera-Zamora ^{1a}, Roberto Cespón-Castro ^{1b}, Fernando Marrero-Delgado ^{1c}

¹ Docente investigador, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. Orcid: 0000-0002-4922-457X ^a, 0000-0002-7749-5254 ^b, 0000-0002-5470-2572 ^c. Correos electrónicos: avinajera2011@gmail.com ^a, rcespon@uclv.edu.cu ^b, fmarrero@uclv.edu.cu ^c

Recibido: 7 enero, 2022. Aceptado: 21 julio, 2022. Versión final: 31 diciembre, 2022.

Resumen

El presente artículo propone una metodología para calcular el valor agregado sostenible de los procesos (SVA) que forman una cadena de suministro (CS), mediante un indicador integral. Consta de seis pasos y utiliza como métodos el Análisis del Ciclo de Vida y los métodos de Diakoulaki y Saaty, basados en múltiples criterios. Al aplicarse a una CS de productos electromecánicos, se logró obtener el SVA de cada proceso y con ello el valor que cada uno aporta a las dimensiones económica y ambiental de la sostenibilidad. Estos resultados, demuestran la novedad y factibilidad de aplicación de la metodología desarrollada y sus diferencias con otras existentes en la literatura especializada.

Palabras clave: valor agregado sostenible; valor agregado económico; valor agregado ambiental; análisis por envoltura de datos; gestión de procesos; gestión de la cadena de suministro; modelo SCOR.

Abstract

This article proposes a methodology to calculate the sustainable added value of the processes (SVA) that form a supply chain (CS), through a comprehensive indicator. The methodology consists of six steps and uses as methods the Life Cycle Analysis and the methods of Diakoulaki and Saaty, based on multiple criteria. When applied to a CS of electromechanical products, it was possible to obtain the SVA of each process and with it the value that each one contributes to the economic and environmental dimensions of sustainability. These results demonstrate the novelty and feasibility of applying the developed methodology and its differences with other existing ones in the specialized literature.

Keywords: Sustainable Value Added; Economic Value Added; Environmental Value Added; Data Envelopment Analysis; process management; supply chain management; SCOR model.

1. Introducción

Desde los años 90s, [1] planteó la necesidad de gestionar el valor agregado ambiental. Ello provocó un incremento de la atención a la administración de la cadena de suministro (SCM), por parte de los académicos y

profesionales, para considerarla en la reducción de desechos y el cuidado del medio ambiente [2], [3]. Al mismo tiempo, el debate en la comunidad de evaluación de impactos se ha visto influenciada significativamente por la aparición de la evaluación ambiental estratégica.

Esta forma de evaluar, llevó a la búsqueda del rendimiento sostenible, considerado como la capacidad para mantener su productividad en el tiempo y su potencial de rentabilidad a largo plazo en la CS [4], [5], [6], [7], ya que grandes daños ambientales pueden desproporcionar el valor económico generado [8].

Un ejemplo de esto lo constituye el cálculo del valor agregado sostenible (SVA, por sus siglas en inglés) desarrollado por [9], [10], [11], el cual analiza las dimensiones económicas y ambientales. Esta metodología ha sido una guía para las organizaciones en cuanto a conocer su SVA mediante el análisis del crecimiento económico y los impactos ambientales, tomando como base un valor de referencia (benchmark value [10]). Ha sido utilizada en empresas europeas tanto en su forma original [12], [13], como perfeccionada [14], [15] y además empleada en el análisis crítico del estimador del costo de oportunidad [16]. Con igual propósito, se han realizado otros trabajos interesantes, pero desde puntos de vista diferentes. [17] calculan el SVA pero solo desde la dimensión social, [18] analiza la posibilidad de generar valor agregado a través de una orientación mayor a la proactividad ambiental y [19] presenta un método no monetario y uno monetario para evaluar el desempeño sostenible. Por otro lado, [14] mejora el método de [10] al analizar otra dimensión (de gobierno). En estas metodologías, el SVA es visto como el valor económico (positivo) de la empresa una vez restado el valor mínimo necesario de referencia (benchmark value). Además, se determina desde una perspectiva de CS (enfoque global) a través del análisis del crecimiento económico. Por esa razón, resultan de mucha utilidad cuando se dispone del valor de referencia y se necesite estudiar el SVA de toda la CS y no de los procesos que la componen. Por la importancia del problema que estas metodologías resuelven, son consideradas un precedente importante en esta investigación.

Sin embargo, los autores del presente trabajo, consideran que, en lugar de hacerlo desde la perspectiva global, también resulta interesante el análisis del SVA para cada uno de los procesos presentes en la CS. Este enfoque se apoya en las potencialidades del Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR, Supply Chain operations Referente Model), para describir los procesos presentes en una CS [20].

Por otra parte, se encuentra alineado con el concepto del “análisis de la cadena de valor”, que permite identificar los procesos que participan y generan mayor valor [21], [22]. Este concepto, representa un cambio marcado para la generación de estrategias que permitan llegar al consumidor final los productos y servicios que ofrecen

[23] y generar ventajas competitivas sobre los competidores [24].

Aunque el “análisis de la cadena de valor” se ha aplicado tradicionalmente a la dimensión económica, varios autores se han aventurado a extenderlo a las restantes dimensiones de la sostenibilidad [25], sin que ello signifique un sacrificio del desempeño [26], [27]. Esta extensión presupone la necesidad de medir el desempeño de la cadena por cada uno de sus procesos.

Por ello, el presente artículo tiene como objetivo proponer una metodología para calcular el SVA de los procesos de una CS que considere las dimensiones económica y ambiental y, que, a diferencia de las abordadas, no requiera un valor de referencia. El trabajo está estructurado en: introducción, materiales y métodos que incluye el análisis de la literatura en cuanto a las herramientas existentes para calcular el SVA y la metodología desarrollada, resultados, discusión y finalmente las conclusiones.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

El desarrollo sostenible es un concepto normativo presentado como la combinación de la prosperidad económica, la integridad ambiental y la equidad social [15], [28], [29]. A los métodos que miden la sostenibilidad integrando las tres dimensiones (económica, ambiental y social) se les llama métodos de triple cuentas de resultados (triple bottom line approach methods) [30].

Por otro lado, se encuentran los métodos orientados al valor, los cuales consideran el valor creado por los recursos utilizados en la empresa y son conocidos como métodos del SVA [12]. En tal sentido, el SVA es definido como la diferencia de la salida económica de la empresa (valor agregado neto o bruto, o alguna medida de salida física) y el costo de oportunidad del uso de sus recursos [31], [10], [11]. Al mismo tiempo, desempeña un papel estratégico en la toma de decisiones y es considerado un método eficaz para la evaluación de la sostenibilidad, ya que representa el valor adicional creado como consecuencia de la utilización de los recursos económicos, ambientales y sociales, en comparación con el índice de referencia [14]. Varios han sido los autores que han abordado o propuesto herramientas para el cálculo del SVA, los cuales se muestran en la [tabla 1](#).

Todas estas investigaciones ([tabla 1](#)) presentan un enfoque hacia la CS (enfoque global) y no particulariza en los procesos que la componen.

Tabla 1. Contribuciones referidas al cálculo del SVA

Autores (año)	Enfoque del análisis de la CS	Permite calcular el SVA	Valor agregado que calcula						
	Global	Por procesos	Si	No	Glo	Eco	Amb	Soc	Otr
[14]	X	-	X		X	X	X	X	X
[17]	X	-	X					X	
[15]	X	-	X		X				
[18]	X	-		X					
[13]	X	-	X		X	X	X	X	
[12]	X	-	X		X	X	X	X	
[19]	X	-	X		X				
[16]	X	-		X					
[11]	X	-	X		X	X	X	X	
[10]	X	-	X		X	X	X	X	
[19]	X	-	X		X	X	X	X	

Eco: economico, Amb: ambiental, Soc: social, Otr: otros.

[9] muestran como calcular el SVA para múltiples impactos y explican un caso especial para un solo impacto. Realizan el cálculo del SVA como la diferencia entre el crecimiento económico y los impactos ambientales y sociales. Dichos impactos dependen del valor de referencia para cada recurso social y ambiental utilizado. Por otro lado, [10] también calculan el SVA basado en los costos de oportunidad. Por su parte, [11] proponen una metodología compuesta por cinco pasos para la evaluación del desempeño ambiental. Dicha metodología aplica la encuesta ADVANCE [32] y termina con el cálculo del SVA a partir de la diferencia entre el crecimiento económico y el empleo de siete recursos identificados en las 65 empresas estudiadas. Al analizar estas investigaciones, se encontró como característica común que todas dependen de un valor de referencia externo, y analizan el crecimiento económico de la empresa para determinar el SVA.

Por otro lado, [14] sigue el mismo enfoque de [10] incluyendo además la dimensión de gobierno. [17] evalúan el valor agregado social a través de los índices de: adecuación de recursos, democracia interna, capacidad operacional relacional e impacto social. [15] enfoca su estudio en el cálculo de pesos de los recursos ambientales de acuerdo a su impacto ambiental, basándose en el método de [9]. [18] analiza la posibilidad de generar valor agregado a través de una orientación mayor a la proactividad ambiental, aunque no muestra cómo determinar el valor agregado. [12] y [13] utiliza el método de [11] y [33] respectivamente, con el objetivo de presentar los resultados de un análisis del SVA creado por empresas europeas (diez y cinco empresas respectivamente) a partir del uso de diferentes recursos ambientales (siete y seis recursos respectivamente). Por

su parte, [19] determina el SVA siguiendo el enfoque de [10]. [16] realizan un análisis crítico del estimador del costo de oportunidad de [10] y muestran como este descansa sobre valores poco realistas.

Según [34], el SVA presenta dos inconvenientes. El primero es, que se enfoca principalmente en el medio ambiente, donde una de las condiciones aplicadas a estos recursos, es su capacidad de medición, que debe ser expresada en unidades cuantitativas, excluyendo de esta forma los recursos cualitativos. Otro de los inconvenientes del SVA es su incapacidad para juzgar la sostenibilidad en términos absolutos, ya que muestra sólo si se es más sostenible que un punto de referencia elegido.

Como se puede observar en estas metodologías, de una forma u otra el SVA es calculado a través del crecimiento económico y los recursos utilizados por la CS (enfoque global). No están dirigidas a conocer los procesos que limitan la sostenibilidad de las CS ni cuánto es el valor que agrega cada uno. Por esa razón, dejan un vacío de conocimiento a la posibilidad de desarrollar metodologías que permitan determinar el SVA, para cada uno de los procesos presentes en la CS y justifican, el desarrollo de la herramienta propuesta como objetivo del presente artículo, que permite:

- Determinar los procesos más importantes de la CS en las dimensiones económica y ambiental, y
- Calcular cuánto valor agregan cada uno de los procesos a la sostenibilidad en las dimensiones analizadas.

El enfoque de la metodología propuesta para la determinación del SVA, está alineado con el concepto de cadena de valor dado por [35] el cual reconoce a las organizaciones y CS desde una perspectiva de relaciones entre procesos. Por otra parte, es importante señalar que, en buena parte de la literatura consultada, son analizadas las tres dimensiones (económica, ambiental y social) en el SVA de la CS de forma global, mientras que el presente trabajo considera dos de ellas (económica y ambiental). Ello se debe a que en la dimensión social existen criterios y herramientas para su medición cuando se estudia la CS de forma integral, pero que no son adecuados en el análisis detallado de sus procesos, constituyendo esto último una fuente de nuevas investigaciones.

2.2. Metodología propuesta

La metodología que se presenta, permite calcular el SVA en cada uno de los procesos sin ser necesario un valor de referencia y fue diseñada bajo el supuesto de que la CS es sostenible o al menos trabaja para lograr la sostenibilidad. Además, como se explicó anteriormente, son consideradas las dimensiones económica y ambiental de la sostenibilidad. En la figura 1 se muestra la herramienta mencionada.

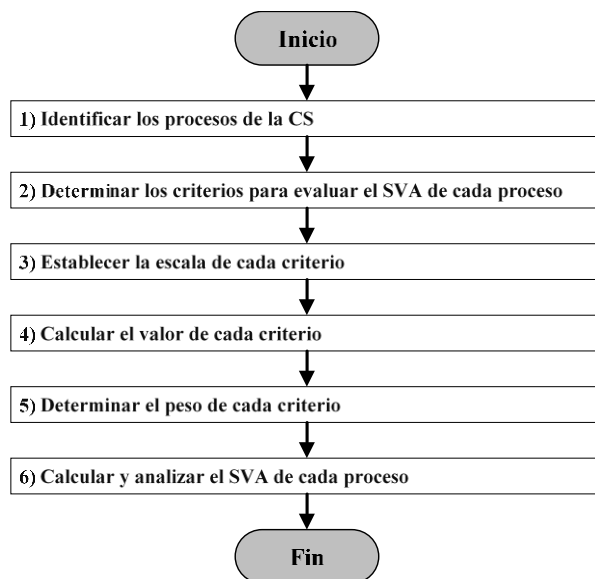


Figura 1. Metodología para calcular el SVA de los procesos de una CS.

2.2.1. Identificación de los procesos de la CS

Un proceso es un sistema coordinado de operaciones en el curso de las cuales el producto obtiene valor agregado [36]. El enfoque a procesos de la CS es un tema estudiado por varios autores que además proponen diferentes

herramientas para su análisis y mejoramiento. Entre estas últimas la que mayor aplicación ha alcanzado a nivel mundial por su facilidad de aplicación, exactitud, favorable impacto, divulgación y sentido práctico es el Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR, Supply Chain operations Referente Model) que es precisamente el considerado en el presente trabajo. El modelo de referencia de procesos SCOR, fue desarrollado por el Supply-Chain Council [37], [38], [20], como una herramienta estándar enfocada a procesos, para la descripción de cualquier CS. Para ello se encuentra estructurado en tres niveles con diferentes grados de detalle que son:

- Tipos de procesos: En el primer nivel se define el alcance y el contenido del modelo de referencia y se establecen los objetivos de rendimiento de los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución.
- Categorías de procesos: Quedan definidas en el segundo nivel (nivel de configuración). Contempla hasta 24 categorías de proceso que permiten configurar cualquier CS.
- Elementos de procesos: En el tercer nivel (nivel de descomposición de procesos), se detallan los distintos elementos del proceso. Este nivel determina la capacidad de la empresa para realizar con éxito el proceso en cuestión en los mercados seleccionados.

En la presente investigación, resultan suficientes los dos primeros niveles, es decir se llega hasta los procesos de segundo nivel que configuran la CS, presentes dentro de los procesos de primer nivel identificados como: aprovisionamiento, producción y distribución. En el punto referente a los resultados, se especifican ambos niveles para el estudio de caso analizado.

2.2.2. Determinar los criterios para evaluar

El SVA de cada proceso: en este paso se identificarán los posibles criterios que pudieran servir para calcular el valor agregado sostenible. Se deberá realizar una búsqueda en la literatura para identificar los posibles criterios a considerar en la evaluación. Una vez identificados, se deberán seleccionar los criterios, dependiendo de las características del objeto de estudio, para lo cual pueden servir de apoyo un grupo de expertos previamente seleccionado y/o métodos de clasificación. Los criterios elegidos para calcular el SVA de los procesos de una CS, deberán analizar las dimensiones económicas y ambientales.

2.2.3. Establecer la escala de cada criterio

Varias de las investigaciones realizadas para la determinación del SVA a nivel de toda la CS, han utilizado escalas para la cuantificación de términos. Entre los más relevantes se encuentran [17] y [18]. Así, por ejemplo [17] utilizaron una escala de cinco posibles resultados para representar el nivel de valor agregado social y para evaluar el estado actual de la CS. Por su parte, [18] utilizó una escala de Likert de cinco posibles respuestas para caracterizar la compañía en términos de nivel de proactividad ambiental. Además, empleó otra de cuatro valores para identificar tipos de mercados (local, nacional, continental y global). El análisis de estos trabajos denota dos aspectos esenciales: el primero es que evidencian la utilización de escalas para identificar, evaluar y representar los criterios considerados para evaluar el SVA y el segundo, es que para su determinación se deben tener en cuenta las particularidades de cada CS, por lo que es recomendable considerar la opinión de expertos. Mediante un trabajo en equipo se deberán fijar las escalas de cada criterio y para el SVA. Estas escalas pueden variar de una cadena a otra ya que dependen de las particularidades del objeto de estudio y de los criterios seleccionados.

2.2.4. Calcular el valor de cada criterio

Calcular el valor de cada criterio: en este paso de trabajo de la metodología propuesta en la figura 1, se incluyen las expresiones de cálculo definidas para cada uno de los criterios considerados en la determinación del SVA. Sin embargo, la aplicación de las mismas, será realizada en el acápite correspondiente a los resultados, para el estudio de caso analizado.

2.2.4.1. Cálculo de criterios económicos

- Productividad: el modelo de Análisis por Envoltura de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) de [39] que parte de identificar las entradas (materias primas, energía y otros insumos) y las salidas (productos, servicios y recursos financieros). Estos son analizados para establecer pesos de esas entradas y salidas, mediante el modelo CCR-INPUT (las siglas CCR provienen de las iniciales de los autores, Charnes, Cooper y Rhodes, y el término INPUT es la orientación del modelo, o sea, hacia las entradas).

Con estos pesos se calculan las eficiencias en el consumo de los recursos (e_{ij}), que se ubican en una matriz de eficiencia cruzada y se determina el valor promedio por cada proceso mediante la expresión (1), donde (P_i) es la productividad del proceso i y m la cantidad de productos

que pasan por el mismo. El valor de (P_i) debe fluctuar entre 0 y 1, siendo mayor la productividad en la medida que se acerca al extremo superior.

$$P_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m e_{ij} \quad (1)$$

- Tasa de valor agregado (TVA_i): en la TVA_i por cada uno de los procesos, algunos de los parámetros que se emplean están referidos a la unidad de producto y otros para un período de tiempo determinado. Para aquellos que forman parte de este último caso, en el presente artículo se toma el año como período analizado. El cálculo de TVA_i se realiza mediante las expresiones (2), (3), (4), (5) y (6), donde VA_{ij} , es el valor real agregado del proceso i al producto j en unidades monetarias por cada producto; VAT_i el valor total que se debió agregar al proceso i en unidades monetarias anuales; VAR_i es el valor agregado total al proceso i por artículos reprocesados en unidades monetarias al año; Vp_j es el volumen de producción del producto j en unidades de productos anuales, Pr_j , la cantidad total de productos j recuperados en unidades de productos al año y m es la cantidad de productos diferentes que pasan por el proceso analizado. Las expresiones para el cálculo de la TVA_i fueron diseñadas bajo el supuesto de que todo producto defectuoso será reprocesado.

$$TVA_i = \frac{VAT_i}{VAT_i + VAR_i} \quad (2)$$

$$VAT_i = \sum_{j=1}^m Vp_j * VA_{ij} \quad (3)$$

$$VAR_i = \sum_{j=1}^m Pr_j * VA_{ij} \quad (4)$$

$$Sw_{ij} = \frac{1}{3} \left(\frac{t_{ij}}{T_j} + \frac{Dt_{ij}}{Dt_j} + \frac{C_{ij}}{C_j} \right) \quad (5)$$

$$VA_{ij} = Sw_{ij} * B_j + C_{ij} \quad (6)$$

Para calcular el valor agregado en cada uno de los procesos que aporta cada producto (VA_{ij}), se utilizó la metodología de [40], reflejada en las expresiones 5 y 6. El término Sw_{ij} expresa el peso específico promedio del proceso i en el producto j , es decir el nivel de importancia de cierto proceso en la obtención del producto. 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 (C_{ij}), respecto al costo total de producto para toda la CS en las mismas unidades de medida (C_j); tiempo

de elaboración del proceso i en el producto j en unidades de tiempo por unidad de producto (t_{ij}) respecto al tiempo del producto en la CS en iguales unidades de medida (T_j) y finalmente el tiempo de retraso promedio total del producto i en el proceso j en unidades de tiempo por unidad de producto (Dt_{ij}), respecto al tiempo total de retraso del producto en toda la CS en las mismas unidades (Dt_j). De esta forma se considera el impacto del proceso más costoso, el que más demora y que mayores atrasos provoca. El otro término empleado es B_j , que constituye el beneficio neto del producto j en unidades monetarias por unidad de producto. Es importante aclarar, que el valor de TVA_i puede ser interpretado como la proporción que aporta cada proceso al valor agregado de toda la CS.

2.2.4.2. Cálculo de criterios ambientales

• Eco-eficiencia: para el análisis del impacto ambiental fue utilizada la metodología del Análisis del Ciclo de Vida del Producto (ACV). Para ello se procedió al empleo del modelo de Análisis de Envoltura de Datos (DEA), resultando en el procedimiento ACV+DEA propuesto por [41]. Sin embargo, para el presente estudio se le realizaron las siguientes modificaciones: la primera, es que en el cálculo de la eco-eficiencia que coincide con el tercer paso del procedimiento ACV+DEA, se aplicó el modelo propuesto por [42] que toma como datos de entradas al modelo DEA los impactos ambientales y no los recursos empleados como el método de [41]. La segunda modificación es derivada del enfoque a procesos utilizado, por lo que fueron incorporados los valores de VA_{ij} calculados a través de la expresión (6), en lugar del precio del producto j que propone el modelo DEA. Una tercera modificación se refiere a la obtención de los datos que se derivan de la primera y segunda modificación. El modelo modificado se presenta mediante el conjunto de ecuaciones (7).

$$\begin{aligned}
 MAX \gamma_{ij} &= \frac{1}{m} \sum_{k=1}^c \alpha_k \\
 \sum_{i=1}^n I_{ik} * \lambda_i &= I_{ik} - \alpha_k \\
 \sum_{i=1}^n VA_{ij} * \lambda_i &\geq VA_{ij} \\
 \sum_{min}^n \lambda_i &= 1
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, N, \alpha_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, C$$

En este modelo (7), la variable a optimizar es el valor de la eco eficiencia del proceso i en el producto j (γ_{ij}) 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 (α_k) en iguales unidades de medida, utilizando el Ecoindicador 99 y el vector de pesos del proceso i (λ_i). Por su parte (I_{ik}) 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 uno de los procesos para cada producto, se calcula la eco-eficiencia total de cada proceso a través de la expresión (8). El resultado 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.

$$Ec.ef = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \gamma_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_{ij}} \tag{8}$$

2.2.5. Determinar el peso de cada criterio en el cálculo del SVA

Una vez obtenido el valor de cada uno de los criterios se calculan sus respectivos pesos. Para ello se pueden emplear diferentes métodos como el de Saaty, Entropía, Diakoulaki, Delphi y otros que en general se clasifican en objetivos y subjetivos. Los primeros son distintivos por su basamento puramente matemático y los segundos, se basan en la experiencia subjetiva [43], [44], [45]. Cada uno de estos grupos posee ventajas y desventajas.

En el presente artículo, resultaron de mayor interés, los trabajos de [46] y [47] que demuestran las potencialidades como método subjetivo de [48] y los aportes de [49], [50], [51], [52] con el de [53], considerado de carácter objetivo. A partir de estas experiencias, se decidió combinar el método objetivo (AHP de Saaty) y el subjetivo (Diakoulaki).

2.2.6. Cálculo del SVA del proceso analizado

Los valores de P_i , TVA_i y $Ec-ef_i$ se encuentran en las mismas dimensiones por constituir proporciones. Coinciden además en el criterio de optimización que es de máximo. Por esa razón, para determinar el SVA de cada proceso, basta con aplicar una sumatoria que considere el valor de cada uno con el peso que le

corresponde a partir de la ecuación 9, donde w_{it} representa los pesos de cada uno de los criterios t en el proceso i , Cr es el valor criterio t en el proceso i y q es la cantidad de procesos.

$$SVA_i = \sum_{t=1}^q w_{it} Cr_{ti} \quad (9)$$

3. Resultados

El estudio de caso analizado para aplicar la metodología mostrada en la [figura 1](#), es una CS de contadores de energía eléctrica (CEE). En la misma se producen dos tipos de contadores (127v y 220v) con un precio de \$12.73 y \$15.93 respectivamente y beneficios netos por artículos de \$0.36 y \$0.44 respectivamente. Los volúmenes de producción para los contadores de 127v y de 220v fueron de 262172 y 137828 unidades anuales respectivamente y de estos se recuperan 138 y 113 unidades. Otras informaciones de entrada, aparecen en la aplicación de los diferentes pasos de trabajo de la metodología propuesta.

3.1. Identificación de los procesos de la CS

Al tomar como referencia el modelo SCOR, recomendado en este primer paso de trabajo de la metodología propuesta ([figura 1](#)), quedan en el primer nivel de la CS estudiada, los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución. Estos agrupan los mostrados en la [tabla 2](#) que corresponden al segundo nivel del SCOR. En el caso del eslabón de aprovisionamiento (PRA) engloba los cuatro primeros procesos, el de producción (PRP) del cinco al ocho y el resto pertenecen al eslabón de distribución (PRD). En la [tabla 3](#), aparecen las principales informaciones de entrada de cada uno de ellos.

En la [tabla 3](#), las magnitudes de tiempo y retraso (columnas dos y tres) no fueron diferenciadas por tipo de producto, en tanto su diferencia es muy pequeña. No se procedió igual con las magnitudes de costos (columnas cuatro y cinco).

3.2. Determinar los criterios para evaluar el SVA de cada proceso

Aplicando las fuentes de información recomendadas en la [figura 1](#), quedaron definidos los criterios: la tasa de valor agregado y la productividad (dimensión económica) y eco-eficiencia (dimensión ambiental). Es importante agregar que los criterios pueden cambiar en dependencia de las particularidades de la CS estudiada, pero en todos los casos, deben estar presentes las dimensiones económica y ambiental.

Tabla 2. Procesos de la cadena de suministro objeto de estudio

Procesos
Compra de la materia prima (PRA-1)
Contratación del transporte (PRA-2)
Revisión de la materia prima (PRA-3)
Transporte de la materia prima para el almacén (PRAP-4)
Aprovisionamiento del laboratorio (PRP-5)
Preparación de la materia prima (PRP-6)
Calibración de los contadores de energía eléctrica (PRP-7)
Embalaje y almacenamiento de productos terminados (PRP-8)

3.3. Establecer la escala de cada criterio

Con las sugerencias definidas para este punto en la [figura 1](#) y el trabajo en equipo, se obtuvieron las escalas propuestas en la [tabla 4](#).

Tabla 3. Datos generales para cada uno de los procesos

Proceso	t_{ij}	dt_{ij}	$C_{ij}(\$/art)$		Costos agregados (\$/art)	
	(seg/art)	(seg/art)	127v	220v	127v	220v
PRA-1	6.48	6.4755	0.0153	0.0246	0.061	0.098
PRA-2	1.08	1.0755	0.0129	0.0211	0.0586	0.0957
PRA-3	0.0045	0	0.0003	0.0005	0.046	0.0831
PRP-4	0.018	0.0135	0.0001	0.0002	0.0458	0.0828
PRP-5	5.7598	5.7555	0.1745	0.2039	0.2202	0.2573
PRP-6	7.2	7.1955	0.3624	0.3953	0.4081	0.4452
PRP-7	21.4286	21.4241	0.3124	0.3447	0.3581	0.3952
PRP-8	5.5998	5.5955	0.3895	0.4227	0.4352	0.4723

Además, se determinaron todas las posibles combinaciones para el cálculo del SVA y luego, se procesaron y clasificaron. Ello incluyó un análisis discriminante para comprobar los límites de cada grupo de evaluación y se corroboró la correcta clasificación del 93.4% de los datos. En la **tabla 4** se muestran los resultados obtenidos que incluye la escala para evaluar el SVA (última columna de la **tabla 3**).

3.4. Calcular el valor de cada criterio

3.4.1. Criterios económicos

La productividad fue calculada a través de la expresión (1) y los valores de entrada contenidos en las **tablas 3** y **4**. Los resultados se muestran en primera columna de la **tabla 5**. Al observar la escala que corresponde a este criterio en la **tabla 4**, se concluye que muestra un buen comportamiento en todos los procesos.

Para el cálculo de la TVA de cada proceso, se aplicaron las expresiones (3), (4), (5) y (6) con un peso del componente económico (Sw_{ij}) de 0.37 y finalmente, la expresión (2). Los resultados aparecen en la propia **tabla 5**. Como se puede observar en la última columna de la **tabla 5**, el mejor comportamiento del TVA, corresponde al servicio de postventa (PRD-10) con una calificación de excelente (ver **tabla 4**). Este utiliza un sistema de llamadas que realizan los clientes directamente a especialistas. Cuando existen fallas, la mayor parte de las

veces se corrigen mediante indicaciones telefónicas. Si ello no es posible, un especialista visita al cliente, resuelve el problema o retira el CEE y coloca uno nuevo. El CEE retirado, luego se repara o se reutilizan sus componentes. En la práctica, existe aceptación de este servicio por parte de los clientes.

En cambio, el peor comportamiento se manifiesta en los procesos PRP-6 y PRP-7 con una calificación de regular (ver **tabla 4**). Se determinó que este comportamiento es provocado por incumplimientos del proveedor de transporte que se contrata (PRA-2), (PRA-3) y (PRA-4), al no emplear el vehículo las paletas recomendadas como medio de almacenamiento. Esto dificulta el proceso de descarga y provoca un sobregasto de energía y tiempo del montacargas eléctrico utilizado, lo que provoca en ocasiones la falta de materia prima y contadores a calibrar y luego la sobrecarga de los procesos (PRP-6) y (PRP-7).

3.4.2. Criterios económicos

Para el cálculo del valor agregado ambiental, se determinó el impacto mediante el EcoIndicador 99 de las bases de datos Ecoinvent en eco - puntos anuales. Para ello se tomó la CS estudiada y se registró el inventario del ciclo de vida de cada proceso, en cuanto a energía (kw-h / año), infraestructura ($m^2/año$), papel (kg/año) y en energía, el consumo de diesel (Kg/año).

Tabla 4. Escala de evaluación de cada criterio

Puntos\Criterios	P_i	$TVA_i(\%)$	$Ec-ef_i$	SVA_i
Excelente (5)	0.95-1.00	99.90-100	0.95-1.00	0.95-1.00
Muy Buena (4)	0.80-0.94	99.00-99.89	0.91- 0.94	0.88-0.94
Buena (3)	0.70-0.79	98.50-98.99	0.85-0.90	0.69-0.87
Regular (2)	0.60-0.69	98.00-98.49	0.75-0.84	0.55-0.68
Mala (1)	0-0.59	0-97.99	0-0.74	0-0.54

Tabla 5. Datos y resultados en el cálculo del EVA

Proceso	P_i	$VA_{ij}(\$/art)$		VAT_i		VAR_i		TVA
		127v	220v	127v	220v	127v	220v	
PRA-1	0.96	0.0941	0.0941	24665	19190	290.62	288.88	0.985
PRA-2	1	0.0651	0.0651	17062	14365.9	277.64	273.14	0.983
PRA-3	1	0.046	0.046	12073	11457.3	268.66	261.37	0.98
PRP-4	1	0.0459	0.0459	12025	11431.7	262.3	251.97	0.985
PRP-5	1	0.2646	0.2646	69371	43043.8	255.97	242.6	0.984
PRP-6	0.98	0.477	0.477	125065	72799.4	219.46	207.31	0.98
PRP-7	0.97	0.4919	0.4919	128971	76918.7	153.63	147.63	0.982
PRP-8	0.98	0.4988	0.4988	130781	75598.7	85.74	84.56	0.9992
PRD-9	1	0.0553	0.0553	14498	12823.5	16.9	22.58	0.9986
PRD-10	1	0.0672	0.0672	17610	14720.5	9.27	12.07	0.9993

Luego, a partir de la base de datos Ecoinvent, se obtuvo su efecto en la calidad del ecosistema, la salud humana y el consumo de recursos, medido en eco - puntos (tabla 6).

Los valores de la tabla 6, se introducen al modelo DEA, que fija una meta de eco puntos para cada tipo de impacto en cada proceso. Este valor se restó a los eco - puntos actuales y se obtuvo los puntos ambientales a reducir que se muestran en la tabla 7. Finalmente, con los resultados de las tablas 6 y 7, se determinó la eco-eficiencia (última columna de la tabla 7), utilizando la fórmula (8).

Como se puede observar, los peores resultados corresponden a los procesos (PRA-2), (PRA-3) y (PRA-4) que clasifican de muy bien según la tabla 4. Aunque el comportamiento es adecuado, se estima que, si fuera empleado el medio de almacenamiento adecuado, su eco-

eficiencia aún puede mejorar por una reducción del consumo de energía del montacargas eléctrico.

3.5. Determinar el peso de cada criterio en el cálculo del SVA

Como fue planteado en este paso de trabajo de la metodología, se decidió combinar el método objetivo (AHP de Saaty) y el subjetivo [48]. Los resultados de los pesos de cada criterio se muestran en la tabla 8.

3.6. Cálculo del SVA del proceso analizado

Con los valores de los criterios TVA_i y $Ec\ efi_i$ obtenidos en el paso anterior y los pesos de cada uno, presentados en la tabla 3, se obtuvo el SVA_i , aplicando la expresión 8.

Tabla 6. Valores actuales de impacto ambiental

Proceso	Impacto ambiental actual (ecopuntos)			ITA
	CAS	SH	Rc	
PRA-1	122	19604	19789	39515
PRA-2	87	13556	13687	27330
PRA-3	140	18172	18385	36697
PRP-4	364	25079	25646	51089
PRP-5	160	23245	23488	46893
PRP-6	236	36794	37151	74181
PRP-7	269	42407	22815	65491
PRP-8	244	38245	38616	77105
PRD-9	55	7750	7834	15639
PRD-10	51	4618	4890	9559

CAS: calidad del ecosistema, SH: salud humana, Rc: recursos, ITA impacto ambiental total y actual del proceso (ecopuntos).

Tabla 7. Reducción deseada del impacto ambiental

Proceso	RDIA (ecopuntos)			RDTIA (ecopuntos)	Eco-eficiencia; ($Ec\ efi_i$)
	CAS	SH	Rc		
PRA-1	65	138	1377	1377	0,9600
PRA-2	0	188	188	188	0,9243
PRA-3	89	135	1349	1349	0,9571
PRP-4	313	204	2075	2075	0,94928
PRP-5	26	413	306	306	0,9841
PRP-6	6	102	6014	9514	0,9875
PRP-7	30	507	5109	8109	0,9794
PRP-8	5	812	814	814	0,9814
PRD-9	0	243	224	224	0,9701
PRD-10	0	0	0	0	1

RDIA: reducción deseada del impacto ambiental, CAS: calidad del ecosistema, SH: salud humana, Rc: recursos, RDTIA: reducción deseada total del impacto ambiental.

Tabla 8. Cálculo del peso de cada criterio

Productos/Criterios	P_i	TVA_i	$Ec-ef_i$
Pesos	0.41	0.26	0.33

La **tabla 9** muestra este resultado para cada uno de los procesos. Los resultados muestran en general resultados “excelente” salvo para los procesos (PRA-2), (PRA-3) y (PRA-4) que califican de muy bien, según la **tabla 4**. Influye en ello la incidencia de la dimensión ambiental y la tasa de valor agregado dentro de la económica. El problema que lo provoca es común a ambas, el medio de almacenamiento empleado por el proveedor del transporte que no coincide con lo especificado en el contrato. Sin embargo, en el TVA_i determina tiempos improductivos y sobre cargas de trabajo en procesos posteriores, mientras que en la $Ec-ef_i$ un mayor consumo de energía eléctrica. Ambos parámetros tienen pesos influyentes como se observa en la **tabla 8**.

En la **figura 2**, se observa mejor esta afirmación. Los resultados pueden ser mejorados con la solución al problema del proveedor del transporte, se puede inferir que en general los procesos de la CS funcionan adecuadamente. Corresponde entonces tomar acciones de mejora en los procesos seleccionados y aplicar nuevamente la metodología para verificar si las acciones lograron el impacto deseado.

4. Discusión

La metodología desarrollada y como parte de la misma, el SVA propuesto, permite definir los procesos que limitan la sostenibilidad de las CS y medir el valor que cada uno aporta a este propósito, considerando como criterios las dimensiones económica y ambiental.

El empleo de métodos basados en múltiples criterios en el desarrollo de la metodología, conjuntamente con otros como el modelo SCOR utilizado en el enfoque a procesos y los métodos analíticos y el ACV + DEA en las dimensiones económica y ambiental respectivamente, dotaron de robustez los resultados mostrados. Además, facilitan la aplicación en otras CS, considerando sus particularidades y adecuaciones necesarias.

Tabla 9. Resultados del SVA_i

Proceso	P_i	TVA_i	$Ec-ef_i$	SVA_i
PRA-1	0.96	0.985	0.9600	0.9716
PRA-2	1	0.983	0.9243	0.9516
PRA-3	1	0.98	0.9571	0.9677
PRP-4	1	0.985	0.9492	0.9658
PRP-5	1	0.984	0.9841	0.9840
PRP-6	0.98	0.98	0.9875	0.9840
PRP-7	0.97	0.982	0.9794	0.9806
PRP-8	0.98	0.9992	0.9814	0.9863
PRD-9	1	0.9986	0.9701	0.9833
PRD-10	1	0.9993	1	0.9996

A juicio de los autores, la principal limitante del trabajo desarrollado es la necesidad de incorporar a la evaluación de los procesos (SVA), la dimensión social del desarrollo sostenible. Ello requiere, el desarrollo de herramientas que sean factibles de aplicar en este nivel de detalle, similares a las existentes para las dimensiones económica y ambiental. Este aspecto, constituye un vacío de conocimiento que debe ser resuelto en futuros trabajos de investigación.

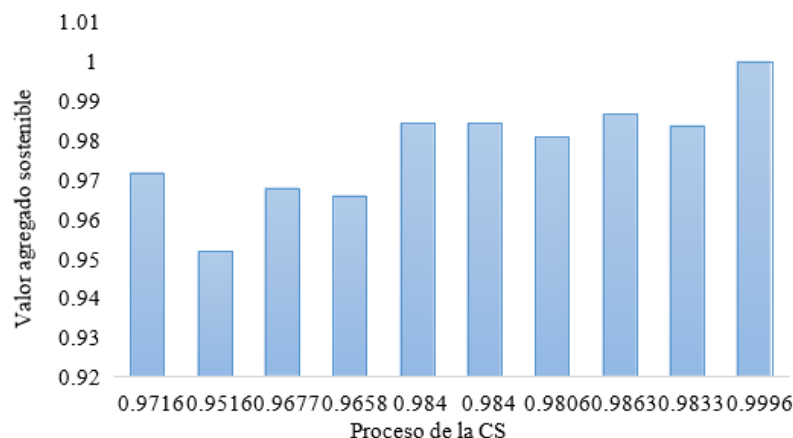


Figura 2. Valor agregado sostenible en cada proceso

5. Conclusiones

La literatura internacional reconoce la necesidad de calcular el SVA en las CS. Con ese propósito, autores de diversas partes del mundo han desarrollado importantes aportes, utilizando una gran variedad de métodos matemáticos y metodologías que dan respuesta a ese reto. Sin embargo, todas las metodologías consultadas son enfocadas a la CS como un todo, al tiempo que requieren de un valor de referencia externo.

Es importante señalar que en buena parte de la literatura consultada son analizadas las tres dimensiones (económica, ambiental y social) en el SVA de la CS de forma global, mientras que el presente trabajo considera dos de ellas (económica y ambiental) a nivel de sus procesos. Ello se debe a que para la dimensión social existen criterios y herramientas para su medición que estudian la CS de forma integral, pero que no son adecuados para un análisis detallado de procesos, constituyendo esto último una fuente de nuevas investigaciones.

La literatura muestra una deficiencia tácita para la determinación del SVA a nivel de procesos, cuando dicho un todo, al tiempo que requieren de un valor de referencia externo.

Es importante señalar que en buena parte de la literatura consultada son analizadas las tres dimensiones (económica, ambiental y social) en el SVA de la CS de forma global, mientras que el presente trabajo considera dos de ellas (económica y ambiental) a nivel de sus procesos. Ello se debe a que para la dimensión social existen criterios y herramientas para su medición que estudian la CS de forma integral, pero que no son adecuados para un análisis detallado de procesos, constituyendo esto último una fuente de nuevas investigaciones.

La literatura muestra una deficiencia tácita para la determinación del SVA a nivel de procesos, cuando dicho valor de referencia no existe. Este vacío de conocimiento es el que cubre el presente trabajo que presenta como novedad científica el enfoque a procesos y la metodología propuesta basada en métodos enfocados a múltiples criterios. Por otra parte, el SVA obtenido, que considera las dimensiones económica y ambiental, también resulta novedoso, pues permite determinar los procesos de una CS que limitan su sostenibilidad y la evaluación de cada uno. A partir de estos resultados, es posible tomar decisiones acertadas para una mejora continua y monitorear su impacto. En síntesis, la metodología propuesta permite:

- Determinar los procesos más importantes de la CS considerando su impacto en las dimensiones económica y ambiental, y
- Calcular cuánto valor agregan cada uno de los procesos a la sostenibilidad en las dimensiones analizadas.

Sería interesante el desarrollo de trabajos de investigación futuros que traten la determinación del SVA, pero a nivel de procesos, utilizando métodos diferentes a los utilizados en el presente artículo que permita su contraste.

Financiación

Esta investigación no recibió financiación externa.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional

No aplica.

Declaración de consentimiento informado

No aplica.

Referencias

- [1] R. P. Wells, "Why we need value-added environmental management," *Environmental Quality Management*, vol. 4, no. 4, pp. 1–4, 1995, doi: <https://doi.org/10.1002/tqem.3310040402>
- [2] H. P. Bulsara, M. Qureshi, H. Patel, "Green supply chain performance measurement: an exploratory study," *International Journal of Logistics Systems and Management*, vol. 23, no. 4, pp. 476–498, 2016, doi: <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2016.075210>
- [3] O. Guarín-Villamizar, "Metodología para evaluación de la condición ambiental en microcuencas urbanas," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 16, no. 2, pp. 141–149, 2017, doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2-2017013>
- [4] R. S. Kaplan, D. P. Norton, "Transforming the balanced scorecard from performance measurement to strategic management: Part 1," *Accounting horizons*, vol. 15, no. 1, pp. 87–104, 2001.

- [5] G. A. O. Pinto, G. O. Plata, "Desarrollo sostenible en edificaciones," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 9, no. 1, pp. 103–121, 2010.
- [6] T. J. Fontalvo-Herrera, J. Morelos-Gómez, A. Mendoza-Mendoza, "Incidencia de la certificación iso 9001 en los indicadores de productividad y rentabilidad en empresas de zona franca-barranquilla mediante análisis discriminante," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 11, no. 2, pp. 215–225, 2012.
- [7] C. A. Moreno-Camacho, J. R. Montoya-Torres, A. Jaegler, N. Gondran, "Sustainability Metrics for Real Case Applications of the Supply Chain Network Design Problem: A Systematic Literature Review," *Journal of Environmental Management*, vol. 164, pp. 180–195, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.278>
- [8] R. Clift, L. Wright, "Relationships between environmental impacts and added value along the supply chain," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 65, no. 3, pp. 281–295, 2000, doi: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(99)00055-4)
- [9] F. Figge, T. Hahn, *Sustainable value added: measuring corporate sustainable performance beyond eco-efficiency*. CSM, 2002.
- [10] F. Figge, T. Hahn, "Sustainable value added-measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency," *Ecological Economics*, vol. 48, no. 2, pp. 173–187, 2004, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.08.005>
- [11] T. Hahn, F. Figge, R. Barkemeyer, "Sustainable value creation among companies in the manufacturing sector," *International Journal of Environmental Technology and Management*, vol. 7, no. 56, pp. 496–512, 2007, doi: <https://doi.org/10.1504/IJETM.2007.015627>
- [12] J. Straková, "Are manufacturing companies improving their sustainable value added?" *Ekonomická Revue - Central European Review of Economic Issues*, vol. 15, no. 2012, pp. 225–236, 2012.
- [13] J. Straková, "Sustainable value added of top european pharmaceutical manufacturers," *Trends Economics and Management*, vol. 6, no. 11, pp. 80–89, 2013.
- [14] E. Kassem, O. Trenz, J. Hrebíček, O. Faldík, "Sustainability assessment using sustainable value added," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 220, pp. 177–183, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.482>
- [15] J. Straková et al., "Sustainable value added as we do not know it," *Business: Theory and Practice*, vol. 16, no. 2, pp. 168–173, 2015, doi: <https://doi.org/10.3846/btp.2015.453>
- [16] T. Kuosmanen, N. Kuosmanen, "How not to measure sustainable value (and how one might)," *Ecological Economics*, vol. 69, no. 2, pp. 235–243, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.008>
- [17] A. Bassi, G. Vincenti, "Toward a new metrics for the evaluation of the social added value of social enterprises," CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, no. 83, pp. 9–42, 2015.
- [18] C. Carrascosa-López, M.-d.-V. Segarra-Oña, Á. Peiró-Signes, L. Miret-Pastor, and B. Segura-García-del Río, *Is It Possible To Generate Added Value Through A Higher Environmental Proactivity Orientation? A Practical Analysis of the Spanish Ceramic Industry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 57–71, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-23553-5_4
- [19] B. Fries, "Sustainability Assessment via Sustainable Value Added and Composite Sustainable Development Index on the Example of Petroleum Majors," SPE Americas E&P Environmental and Safety Conference, 2009, doi: <https://doi.org/10.2118/120572-MS>
- [20] A. Moharamkhani, A. Bozorgi-Amiri, and H. Mina, "Supply chain performance measurement using scor model based on intervalvalued fuzzy topsis," *International Journal of Logistics Systems and Management*, vol. 27, no. 1, pp. 115–132, 2017.
- [21] M. E. Porter, "Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy," *Economic development quarterly*, vol. 14, no. 1, pp. 15–34, 2000.
- [22] J. E. Yumisaca Tuquinga, E. A. Bohórquez Armijos, E. A. Mendoza Tarabó, J. Gonzabay Rosales, "Cadena de valor del destino Dos Mangas como herramienta para el análisis de la sostenibilidad de la oferta turística," *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 12, pp. 88 – 96, 02 2020.

- [23] S. A. C. González, L. C. B. Romero, O. A. Fránquez, B. L. Martínez, “La cadena de valor vs cadena de suministro en el café para generar una ventaja competitiva,” *Uliü*, vol. 2, no. 2, pp. 96–116, 2020.
- [24] D. C. Moreno, G. E. Grimaldo, M. C. Salamanca, “El mapa de la cadena de valor como herramienta de diagnóstico de sistemas productivos. caso: línea de producción láctea,” *Revista Espacios*, vol. 39, no. 03, 2018.
- [25] J. I. Pulido-Fernández, Y. López-Sánchez, “La cadena de valor del destino como herramienta innovadora para el análisis de la sostenibilidad de las políticas turísticas. el caso de España,” *Innovar*, vol. 26, no. 59, pp. 155–176, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.15446/innovar.v26n59.54369>
- [26] A. Díaz-Viquez, A. Pérez-Hernández, J. Hernández-Ávila, G. Casto-García, “Impacto de la cadena de valor en el margen de utilidad bruta en la producción de destilados de agave,” *Revista mexicana de Agronegocios*, vol. 40, no. 1345-2017-1407, pp. 551–560, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.261948>
- [27] J. Y. Tuquinga, E. M. Tarabó, J. G. Rosales, “La nueva ruralidad y el turismo, una alternativa de desarrollo sostenible en dos mangas, provincia de Santa Elena,” *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [28] A. J. Rubio-Montero, A. Alberto-Morillas, R. D. L. Herrera-Insua, P. Colino-Sanguino, J. Blanco-Yagüe, M. Giménez, F. BlancoMarcilla, E. Montes-Prado, A. Acero, and R. Mayo-García, “Evolution of the maintainability of hpc facilities at ciemat headquarters,” *Revista UIS Ingenierías*, vol. 19, no. 2, pp. 85–88, 2020, doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020009>
- [29] C. E. Aristizabal-Alzate, J. González-Manosalva, “Revisión de las medidas en pro de la eficiencia energética y la sostenibilidad de la industria del cemento a nivel mundial,” *Revista UIS Ingenierías*, vol. 20, no. 3, pp. 91–110, 2021, doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n3-2021006>
- [30] T. Hahn, J. Pinkse, L. Preuss, F. Figge, “Tensions in corporate sustainability: Towards an integrative framework,” *Journal of Business Ethics*, vol. 127, no. 2, pp. 297–316, 2015, doi: <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2047-5>
- [31] F. Figge, T. Hahn, “Sustainable value added—measuring corporate sustainable performance beyond eco-efficiency (centre for sustainability management, lüneburg),” *Ecological Economics*, 2002, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.08.005>
- [32] F. Figge, *Sustainable value of European Industry: A Value Based Analysis of The Environmental Performance of European Manufacturing Companies*. EU LIFE Environment, 2006.
- [33] F. Figge, T. Hahn, “Sustainable value added: Ein neues maß des nachhaltigkeitsbeitrags von unternehmen am beispiel der henkel kga,” *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, vol. 73, no. 1, pp. 126–141, 2004, <https://doi.org/10.3790/vjh.73.1.126>
- [34] F. Figge, T. Hahn, “Value drivers of corporate eco-efficiency: Management accounting information for the efficient use of environmental resources,” *Management Accounting Research*, vol. 24, no. 4, pp. 387–400, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.009>
- [35] M. E. Porter, V. E. Millar et al., “How information gives you competitive advantage,” *Harvard Business Review*, 1985.
- [36] R. J. Schonberger, “Measurement of lean value chains: efficiency and effectiveness,” in *Modelling Value*, pp. 65–75, 2012.
- [37] M. A. Sellitto, G. M. Pereira, M. Borchardt, R. I. da Silva, C. V. Viegas, “A scor-based model for supply chain performance measurement: application in the footwear industry,” *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 16, pp. 4917–4926, 2015, doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005251>
- [38] B. Ganji Jamehshooran, M. Shaharoun, H. Norehan Haron et al., “Assessing supply chain performance through applying the scor model,” *International Journal of Supply Chain Management*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [39] A. Charnes, W. Cooper, E. Rhodes, “Measuring the efficiency of decision-making units,” *European Journal of Operational Research*, vol. 2, no. 6, pp. 429–444, 1978, doi: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [40] A. Vinajera-Zamora, F. Marrero-Delgado, M. Ruiz-Morales, “Método para calcular el valor agregado en cadenas de suministro de productos electromecánicos,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 25, pp. 535 – 546, 09 2017.

- [41] I. Vázquez-Rowe, D. Iribarren, M. T. Moreira, G. Feijoo, “Combined application of life cycle assessment and data envelopment analysis as a methodological approach for the assessment of fisheries,” *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 15, no. 3, pp. 272–283, 2010.
- [42] Y. Barba-Gutiérrez, B. Adenso-Díaz, and S. Lozano, “Eco-efficiency of electric and electronic appliances: a data envelopment analysis (dea),” *Environmental Modeling & Assessment*, vol. 14, no. 4, pp. 439–447, 2009.
- [43] D. Xu, L. Lv, X. Ren, J. Ren, L. Dong, “Route selection for low-carbon ammonia production: A sustainability prioritization framework based-on the combined weights and projection ranking by similarity to referencing vector method,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 193, pp. 263–276, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.054>
- [44] R. Ginevicius, A. Ostapenko, “A quantitative evaluation of the company environment for the formation of its effective expansion strategy,” *Intellectual Economics*, vol. 9, no. 2, pp. 130–137, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.004>
- [45] G. H. Tzeng, T. Y. Chen, J. C. Wang, “A weight-assessing method with habitual domains,” *European Journal of Operational Research*, vol. 110, no. 2, pp. 342–367, 1998, doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00246-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00246-4)
- [46] C. Benaim, J. Daurès, S. Petiot, J. Péliissier, “Management of multidimensional clinical scores: which solutions for items aggregation?,” *Revue D’épidemiologie et de Sante Publique*, vol. 49, no. 6, pp. 559–569, 2001.
- [47] V. Caballer Mellado, J. Aznar Bellver, “Multicriteria methodology applied to agrarian valuation,” *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros (España)*, 2005.
- [48] D. Diakoulaki, G. Mavrotas, L. Papayannakis, “Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method,” *Computers and Operations Research*, vol. 22, no. 7, pp. 763–770, 1995, doi: [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)
- [49] J. Fuka, P. Lesakova, R. Bata, “Sustainable value as a tool for performance measurement of the region,” *Lex Localis-Journal of Local SelfGovernment*, vol. 16, no. 4, 2018.
- [50] K. Rashid, R. Hameed, H. A. Ahmad, A. Razzaq, M. Ahmad, A. Mahmood, “Analytical framework for value added utilization of glass waste in concrete: Mechanical and environmental performance,” *Waste Management*, vol. 79, pp. 312–323, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.052>
- [51] J. P. Reyes, J. T. San-José, J. Cuadrado, R. Sancibrian, “Health and safety criteria for determining the sustainable value of construction projects,” *Safety Science*, vol. 62, pp. 221–232, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.08.023>
- [52] A. Vinajera-Zamora, F. Marrero-Delgado, R. Cespón-Castro, “Evaluación del desempeño de la cadena de suministro sostenible enfocada en procesos,” *Estudios Gerenciales*, vol. 36, no. 156, pp. 325–336, 2020, doi: <https://doi.org/10.18046/j.estger.2020.156.3699>
- [53] T. Saaty, “The analytic hierarchy process—what it is and how it is used,” *Mathematical Modelling*, vol. 9, 1980, doi: [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)