

## Diseño de la medición del rendimiento para una cadena de suministro sostenible de las empresas de aceite de palma crudo (APC) utilizando el enfoque de gestión de la cadena de suministro *Lean & Green* (LGCSM) (estudio de caso: empresa de aceite de palma de Indonesia)\*

Designing the Performance Measurement for Sustainable Supply Chain of the Crude Palm Oil (CPO) Companies Using Lean & Green Supply Chain Management (LGSCM) Approach (Case Study: Indonesia's Palm Oil Company)

**CITACIÓN:** Fauzi Khair, Dendhy Indra Wijaya, Hubertus Davy Yulianto & Khristian Edi Nugroho Soebandrija. (2020). Diseño de la medición del rendimiento para una cadena de suministro sostenible de las empresas de aceite de palma crudo (APC) utilizando el enfoque de gestión de la cadena de suministro *Lean & Green* (LGCSM) (estudio de caso: empresa de aceite de palma de Indonesia) (Traductor C. Arenas). *Palmas*, 42(4), 21-32.

**PALABRAS CLAVE:** Sostenible, Aceite de palma, *Lean*, *Green*, SCM, CMI.

**KEYWORDS:** Sustainable, Palm oil, Lean, Green, SCM, BSC.

\* Traducido del original Designing the Performance Measurement for Sustainable Supply Chain of the Crude Palm Oil (CPO) Companies Using Lean & Green Supply Chain Management (LGSCM) Approach (Case Study: Indonesia's Palm Oil Company). Fauzi Khair *et al.* 2020 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 426 012116. Recuperado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/426/1/012116>

El contenido de este trabajo puede usarse bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 3.0. Cualquier distribución posterior debe mantener la atribución al autor (es) y el título del trabajo, la cita de la revista y el doi. Publicado bajo licencia por IOP Publishing Ltda.

### FAUZI KHAIR

Departamento de Ingeniería Industrial, BINUS Aprendizaje en Línea, Universidad Bina Nusantara, Yakarta, Indonesia 11480. Autor de correspondencia [fauzi.khair@binus.ac.id](mailto:fauzi.khair@binus.ac.id)

### DENDHY INDRA WIJAYA

Departamento de Ingeniería Industrial, BINUS Aprendizaje en Línea, Universidad Bina Nusantara, Yakarta, Indonesia 11480.

### HUBERTUS DAVY YULIANTO

Departamento de Ingeniería Industrial, BINUS Aprendizaje en Línea, Universidad Bina Nusantara, Yakarta, Indonesia 11480.

### KHRISTIAN EDI NUGROHO SOEBANDRIJA

Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Bina Nusantara, Yakarta, Indonesia 111480.

## Resumen

Una de actividades indispensables para lograr un negocio de aceite de palma sostenible es mejorar la gestión sostenible de la cadena de suministro (SCM por sus siglas en inglés), especialmente

estando en línea con los conceptos *lean* (eficiente) y *green* (ecológico) de la SCM. El concepto *lean* tiene por objeto reducir los costos y aumentar la eficacia de la cadena de suministro. Por otra parte, el concepto *green* trata de asegurar que el proceso en curso siga teniendo un buen efecto sobre el medioambiente. Al diseñar la medición del rendimiento de la cadena de suministro sostenible mediante el enfoque de gestión de la cadena de suministro *lean* y *green*, este estudio incluye la formulación de indicadores clave de rendimiento (KPI por sus siglas en inglés) y la agrupación de los indicadores *lean* y *green* que se integran con las perspectivas del cuadro de mando integral (CMI). Se obtuvieron 28 KPI que constan de 15 KPI de la cadena de suministro *lean* y 13 KPI de la cadena de suministro *green*. Basándose en la ponderación general, el KPI de mayor prioridad es el total de ingresos y los costos totales de operación de la empresa, seguido del costo total de la cadena de suministro (todos ellos desde una perspectiva financiera). Los coeficientes de estos tres KPI son 0,103; 0,078 y 0,072, respectivamente.

## Abstract

One of the important activities to achieve a sustainable palm oil company is by improving the sustainable supply chain management, especially being in line with the lean and green SCM concepts. The lean concept aims to reduce costs and to increase the effectiveness of the supply chain. While the green concept tries to ensure that the ongoing process keeps bringing good effect on the environment. In designing the performance measurement of the sustainable supply chain through the lean & green supply chain management approach, this study includes a formulation for Key Performance Indicators (KPI) and grouping of the lean and green indicators which are integrated with the balanced scorecard (BSC) perspectives. It obtained 28 KPIs which consists of 15 lean supply chain KPIs and 13 green supply chain KPIs. Based on overall weighting, the highest priority KPI is the company's total revenue and total operating costs, followed by the total cost of the supply chain (all of them are from a financial perspective). The weights of three KPIs are 0.103, 0.078 and 0.072 respectively.

## 1. Introducción

Indonesia es el mayor productor de aceite de palma crudo (APC) del mundo. Su producción representa el 48 % del total mundial, que en 2018/2019 se tenía previsto aumentaría de 38,5 millones a 40,5 millones de toneladas [1]. También se estima que la producción total, las exportaciones y las existencias aumentarán rápidamente hasta el año 2050, lideradas por las plantaciones en Sumatra, Kalimantan y Papúa [2]. Por lo tanto, uno de los aspectos importantes en el desarrollo de la industria agrícola del aceite de palma sostenible es la gestión de la cadena de suministro, que tiene un papel relevante para garantizar que los sistemas de producción, distribución y comercialización funcionen de manera eficaz y eficiente [2-4]. En consecuencia, una gestión efi-

caz de esta cadena podría convertirse en una de las ventajas competitivas de la empresa.

Los conceptos de la gestión de la cadena de suministro son necesarios para seleccionar actividades encaminadas a aumentar el valor agregado, satisfacer las necesidades del cliente y entregar los productos a ellos, como usuarios finales [4, 5].

Una de las cuestiones actuales de la cadena de suministro es la preocupación por el ambiente. Este problema ha hecho que los consumidores de varias industrias, incluyendo la del APC, exijan a las empresas que fabriquen y distribuyan productos amigables con el ambiente a lo largo de sus diversas etapas de producción y comercialización [6, 7]. En 2018, el comercio del APC y del palmiste certificado aumentó significativamente a 12,70 millones de dólares. Este

crecimiento se convirtió en un indicador para aumentar la conciencia de los consumidores de APC sobre el tema ambientalmente amigable. En comparación con otros países asiáticos productores (India, China y Bangladés), la proporción de exportaciones de Indonesia hacia varias naciones de Europa (Italia, Países Bajos y Alemania) tiende a ser menor. Esto se debe a que el consumidor europeo demanda un aceite de palma crudo de mayor calidad y garantías de que el producto fue fabricado a través de una serie de procesos respetuosos con el ambiente.

Algunas políticas podrían limitar la exportación de APC desde Indonesia. Por ejemplo, desde el 2008, el mercado de la Unión Europea exige que cualquier producto de APC exportado a la región tenga un certificado de sostenibilidad [6]. En otras palabras, ha implementado muchos requisitos relacionados con cuestiones ambientales, como el de sembrar a cierta profundidad, no hacerlo en zonas de infiltración de cuencas y tampoco sembrar sacrificando los bosques ni los animales que allí habitan. Varios temas relacionados con la gestión ambiental han requerido que las empresas se enfoquen en sus cadenas de suministro para alinearlas con el concepto de Cadena de Suministro de Valor y volverlas sostenibles bajo factores económicos, sociales y ambientales [8]. Y también para que esta cadena esté en consonancia con el concepto de Gestión Ecológica (*green*) de la Cadena de Suministro (GSCM por sus siglas en inglés).

Este concepto está basado en la perspectiva de cómo reducir los residuos y el impacto de las actividades de la cadena de suministro de las empresas sobre el ambiente. De igual forma, otro término que debe tenerse en cuenta para el rendimiento de la cadena de suministro es la Gestión *lean* (Eficiente) de la Cadena de Suministro (LSCM por sus siglas en inglés). Este concepto pretende optimizar los costos de la cadena de suministro y reducir el tiempo general de sus procesos para aumentar la efectividad y lograr un sistema sostenible [9-10]. El enfoque de la LSCM es optimizar los procesos de todas las cadenas de suministro, buscar la simplificación y reducir los residuos y las actividades que no aportan valor agregado [11, 12].

Teniendo en cuenta los antecedentes, integrar la medición del rendimiento de la gestión *lean* y *green*

de la cadena de suministro ayudará a las empresas a mejorar su ventaja competitiva y a aumentar la productividad y la eficiencia de varias de sus actividades [13, 14]. El modelo propuesto en este estudio será muy útil para las organizaciones que desarrollen e implementen sistemas de medición del rendimiento de la cadena de suministro basados en la Gestión *lean* y *green* de la Cadena de Suministro (GLSCM por sus siglas en inglés). Como parte interesada y regulador, el gobierno podría vigilar que todas las actividades relacionadas con este tema provean constantemente la sostenibilidad a la empresa y, a su vez, garanticen que permanezcan enfocadas en la comunidad y en las condiciones ambientales [15, 16].

El enfoque *lean* en la cadena de suministro es una de las estrategias de ventaja competitiva para lograr la sostenibilidad en las actividades de la empresa. Este enfoque es un esfuerzo continuo para eliminar los residuos y aumentar el valor agregado de los productos (bienes/servicios) para proporcionar valor a los clientes [15, 16]. La LSCM se enfoca en optimizar los procesos de todas las cadenas de suministro, buscar la simplificación y reducir los residuos y las actividades que no aportan valor agregado. Sus características son la retroalimentación del proveedor, la entrega puntual (JIT por sus siglas en inglés) por parte de los proveedores, el desarrollo del proveedor, la participación del cliente, el sistema de extracción, el flujo continuo, la reducción del tiempo de alistamiento, el mantenimiento productivo total, el control estadístico de los procesos y la participación de los empleados. Por lo tanto, la implementación de este concepto reducirá a un mínimo las actividades que no tienen valor agregado y permitirá disminuir los costos de producción, aumentando la productividad y manteniendo la calidad del producto.

La GSCM podría ser una innovación en la implementación de estrategias para la cadena de suministro. Este concepto está basado en un contexto ambiental que incluye actividades como la reducción, el reciclaje y la reutilización y sustitución de materiales. Consiste en integrar las perspectivas ambientales en la gestión de la cadena de suministro, incluido el diseño del producto, la clasificación y la selección de fuentes de materias primas, los procesos de fabricación, la entrega de los productos terminados a los consumidores y el manejo de los caducados. Algunas de las

funciones y actividades operacionales de la GSCM son la contratación verde [17], la fabricación verde, la distribución verde y la logística inversa [18, 19].

Por lo tanto, es necesario contar con una gestión integrada para controlar las actividades de la cadena de suministro industrial en la forma de modelos de medición del rendimiento. Asimismo, en la industria de aceite de palma, el sistema de gestión de la cadena de suministro debe garantizar y satisfacer las demandas de los clientes, incluidos los productores, proveedores, transportistas, almacenes, minoristas y consumidores. En este caso, los cinco primeros trabajan juntos y coordinados en una serie de actividades destinadas a entregar el producto a los usuarios finales para satisfacer sus necesidades. También explica que las empresas u organizaciones necesitan el concepto de gestión de la cadena de suministro a la hora de seleccionar actividades que aumenten el valor agregado y que satisfagan las necesidades del cliente y de entrega de los productos a los usuarios finales.

## 2. Método de investigación

Este estudio es una investigación observacional que explora varios indicadores importantes para determinar la medición del rendimiento basada en la SCM *lean* y *green*. Se realizó en empresas de la industria de APC en Indonesia. La información se recolectó en las etapas de observación, entrevistas y verificación por expertos. Se tomó de la observación y las entrevistas para conocer el estado real de la empresa, los datos del proceso empresarial de la cadena de suministro, de los productos producidos, de las materias primas utilizadas y el área de proveedores de la materia prima utilizada, y los procesos de producción, transporte y comercialización del APC. Se recopiló información sobre la verificación de expertos para determinar los factores de cada indicador para obtener la prioridad de los KPI. Luego, se formularon los KPI para la LCSM y la GSCM.

Además, se evaluó la cobertura de los KPI en cuatro perspectivas del CMI [20]. Se requirió la verificación de expertos para que los KPI formulados pudieran aplicarse a las mediciones de rendimiento de la

cadena de suministro de la empresa. La ponderación se realizó aplicando una técnica de comparación por pares. La verificación continuó con la validación del diseño de las mediciones de rendimiento. Este estudio utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) para analizar los datos [21]. El AHP se usó para ponderar cada KPI y determinar cuál recibió el puntaje más alto. El KPI con una mayor ponderación fue el más importante.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 El sistema de la cadena de suministro de la industria del APC

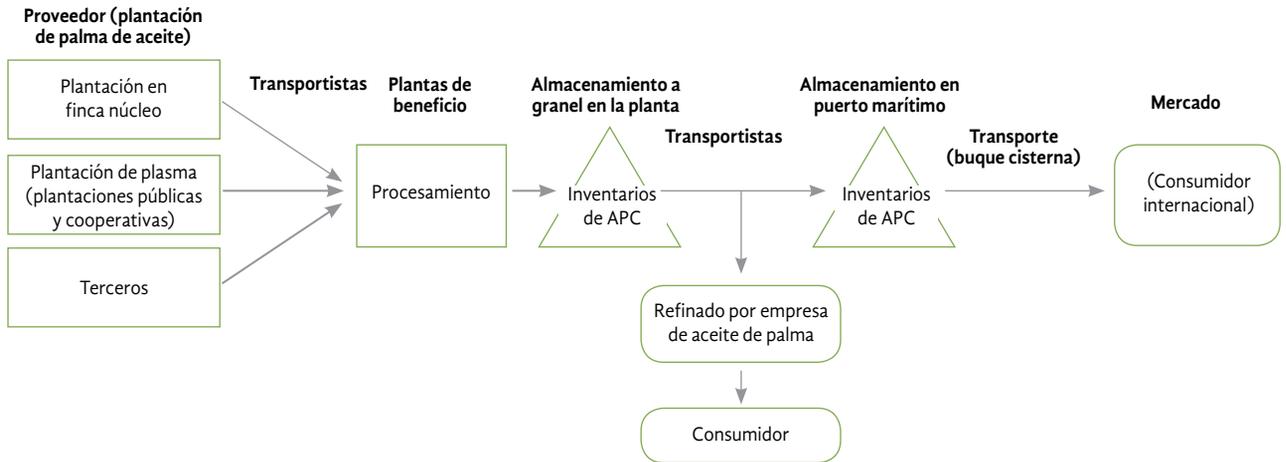
En la Figura 1 se muestra una descripción general del sistema de la cadena de suministro del APC. Está la participación directa de varias entidades o partes. Estas incluyen proveedores, fabricantes, transportistas y consumidores. Es necesaria una supervisión especial para asegurarse de que todas las etapas de la producción y distribución funcionan sin problemas. El objetivo es que cada entidad del sistema de la cadena de suministro obtenga el mejor resultado. La Figura 2 muestra los procesos empresariales y el flujo de la información en la industria del APC.

### 3.2 Identificación de los intereses y la contribución de las partes interesadas

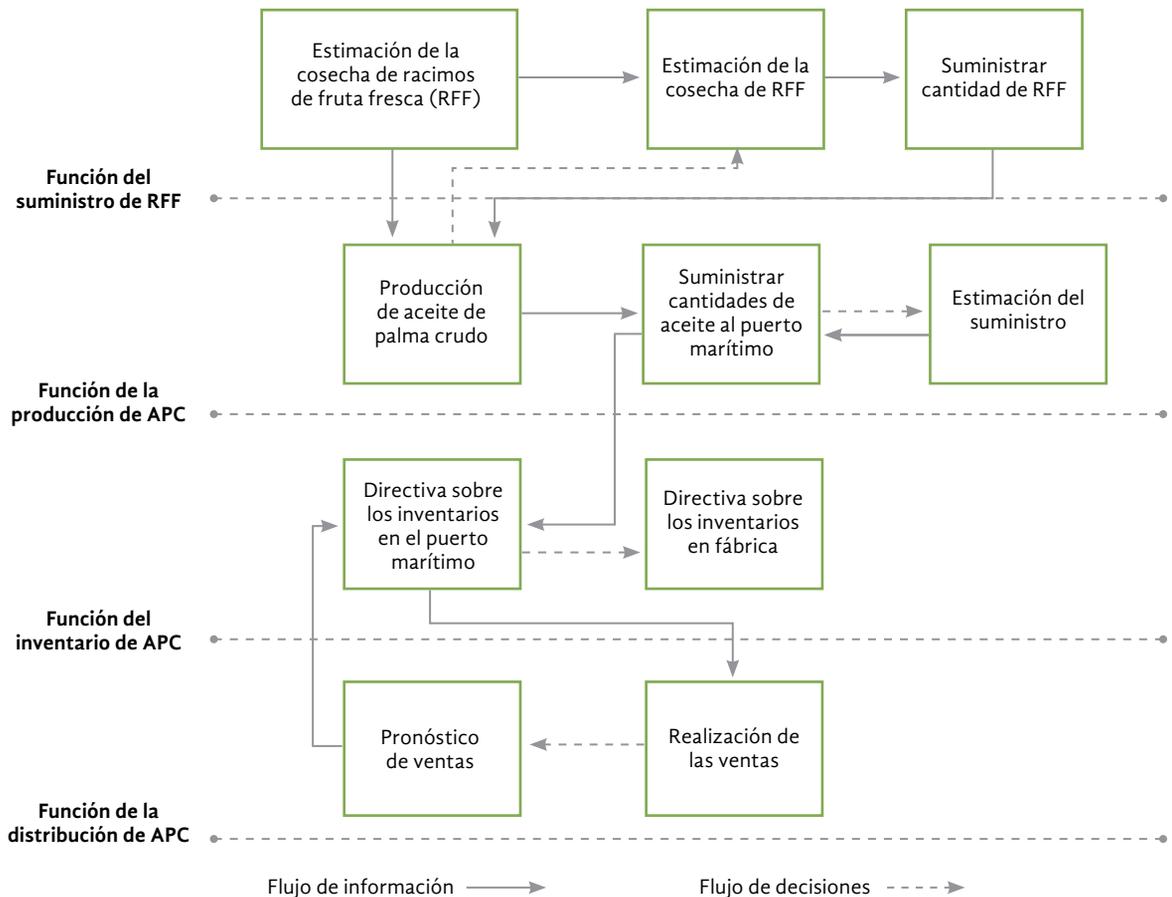
Esta etapa trata de identificar los intereses y contribuciones de las partes interesadas (consumidores, inversionistas, reguladores y el público). Estas pueden describirse de la siguiente manera:

- Consumidores (utilidades, crecimiento, opinión, confianza).
- Empleados (manos, corazones, mentes, voz).
- Inversionistas (capital, crédito, riesgo, apoyo).
- Proveedor (rápido, correcto, barato, fácil).
- Reguladores (reglas, razón, claridad, asesoría).
- El público, manteniendo la seguridad alrededor del vecindario de la empresa y promoviendo la responsabilidad social corporativa.

**Figura 1.** Descripción general del sistema de la cadena de suministro de la industria de APC en Indonesia [22]



**Figura 2.** Flujo de información y decisiones sobre el sistema de la cadena de suministro de la empresa de aceite de palma [22]



## 4. Identificación de indicadores clave de rendimiento (KPI)

Adicionalmente, cuando se solicitó, se identificaron los indicadores clave de rendimiento (KPI) de las cadenas de suministro *lean* y *green* para medir el de las empresas de APC, según las necesidades de todos los interesados. La Tabla 1 muestra los indicadores relacionados con la medición del rendimiento de la cadena de suministro *lean* y *green*.

## 5. Formulación de indicadores clave de rendimiento (KPI)

El portavoz de la empresa y los expertos verificaron los KPI obtenidos durante la etapa de recolección de datos para determinar la idoneidad de estos indicadores con el sistema real de la cadena de suministro. Según los resultados de la verificación de los expertos, había 28 KPI que constan de 15 KPI para la cadena de suministro *lean* y 13 KPI para la cadena de

**Tabla 1.** Relación entre los requisitos de las partes interesadas y el KPI verificado.

Requisito y contribución de la parte interesada	Consumidor	Empleado	Inversionista	Proveedor	Regulador	Sociedad	KPI LGSCM-CMI
Eficiencia y eficacia			√	√			IBL1
		√	√	√			IBL5
			√	√			IBL2
					√		IBL3
				√	√		IBL4
		√	√	√	√		FL1
		√	√	√	√		FL2
		√	√	√	√		FL3
Sostenibilidad, mejora e innovación				√			IBL6
		√	√	√			FL4
		√	√				LGL3
Calidad	√		√	√			CL1
	√		√				CL2
Salud y seguridad en el trabajo					√	√	LGG1
				√			IBG8
		√	√				IBG7
			√				IBG1
			√		√	√	IBG2
			√		√	√	IBG3
Respetuoso con el ambiente			√		√	√	IBG4
		√			√	√	IBG5
			√			√	IBG6
	√						CG1
Seguridad y fiabilidad de los datos			√	√			LGL1
			√	√			LGL2
Legal					√		LGG4
Responsabilidad Social Corporativa (RSC)		√				√	LGG5
			√		√	√	FG1

suministro *green*. A continuación se agruparon los KPI verificados en la perspectiva del cuadro de mando integral. La Tabla 2 muestra la agrupación de los KPI según los conceptos *lean* y *green*.

Con base en los resultados, la agrupación se hace según cuatro perspectivas del cuadro de mando integral, a saber: las perspectivas financieras, de clientes, de procesos empresariales internos y de apren-

dizaje y crecimiento. El uso del método de CMI facilita la ponderación y la comparación por pares. Además, la etapa de insumos para la aplicación del AHP fue un modelo de validación (como se muestra en la Tabla 3).

Todos los indicadores de las perspectivas financieras fueron la prioridad más alta en comparación con los KPI de otras perspectivas. Las prioridades de los

**Tabla 2.** Resultados de la verificación.

N°	Indicador clave de rendimiento (KPI)	
	KPI de la cadena de suministro <i>lean</i>	KPI de la cadena de suministro <i>green</i>
1	Calidad del producto (CL1) [2][22] [19]	1 Nivel de interés del cliente por productos respetuosos con el ambiente (CG1) [4] [5] [14] [15]
2	Nivel de satisfacción del cliente (CL2) [5] [19][8][13]	2 Energía consumida (IBG1) [22] [9] [10][12]
3	Uso de la capacidad de procesamiento (IBL1) [22]	3 Residuos líquidos producidos (IBG2) [22] [9][12]
4	Precisión de entrega (IBL2) [22] [13]	4 Residuos sólidos producidos (IBG3) [22] [9] [19]
5	Tiempo total del ciclo de la cadena de suministro (IBL3)	5 Emisiones aéreas producidas (IBG4) [22] [9][19]
6	Duración del transporte (IBL4) [22]	6 Uso de sustancias peligrosas (IBG5) [12]
7	Plazo de entrega del pedido (IBL5) [22] [18]	7 Disposición de residuos (IBG6) [22] [5] [9]
8	Transparencia en la transacción comercial (IBL6) [5] [13][14]	8 Costo ambiental (FG1) [22] [4] [9] [10] [15]
9	Ingresos totales de la empresa (FL1) [22] [18] [19]	9 Mitigación para el riesgo de incidente ambiental (LGG1) [22] [12] [15]
10	Costo total de la cadena de suministro (FL2) [22] [18]	10 Disponibilidad de SOP (LG2) [12][13]
11	Costo operacional total (FL3) [22][14]	12 La actividad relacionada cumple con las leyes y regulaciones (LGG3) [5][12] [14] [19]
12	Exactitud de los documentos de aprobación del proveedor (LGL1) [22][14]	13 Relación entre la empresa y el vecindario (LGG4) [4] [5] [14]
13	Exactitud de los documentos de aprobación de la planta (LGL2) [22] [14]	
14	Capacitación y desarrollo de los empleados (LGL3) [14]	
15	Costo de capacitación del empleado, seminarios y desarrollos de la empresa (FL4) [4] [5] [15]	

KPI obtenidos indicaron que las mejoras en el rendimiento de la cadena de suministro de la empresa comenzaron con el aumento de los ingresos totales y la reducción de los costos totales de la empresa, incluidos los de operación y los de la cadena de suministro. Este concepto exigía que hubiera una excelente sincronización e integración con el aspecto financiero,

que es la principal preocupación de la organización, para que pudiera mejorar continuamente su calidad y su concepto ecológico. Los esfuerzos de la empresa incluían aumentar la asignación de presupuestos para los gastos ambientales con el fin de reducir los impactos causados por sus actividades. Dichos esfuerzos estarán más integrados si se llevan a cabo a

**Tabla 3.** Peso total de los KPI

N°	Código del KPI	Peso	Peso en las perspectivas de CMI	Peso total
1	FL1	0,293		0,103
2	FG1	0,166		0,059
3	FL2	0,205	0,353	0,072
4	FL3	0,22		0,078
5	FL4	0,116		0,041
6	IBL1	0,068		0,017
7	IBG1	0,067		0,016
8	IBG2	0,087		0,021
9	IBG3	0,065		0,016
10	IBG4	0,092		0,023
11	IBG5	0,092		0,023
12	IBL2	0,045	0,246	0,011
13	IBL3	0,07		0,017
14	IBL4	0,068		0,017
15	IBG6	0,089		0,022
16	IBL5	0,065		0,016
17	IBL6	0,044		0,011
18	IBG7	0,148		0,036
19	LGG1	0,19		0,057
20	LGL1	0,136		0,041
21	LGL2	0,145		0,043
22	LGL3	0,146	0,299	0,044
23	LGG2	0,211		0,063
24	LGG3	0,131		0,039
25	LGG4	0,041		0,012
26	CL1	0,532		0,055
27	CL2	0,286	0,103	0,029
28	CG1	0,182		0,019

través de mejoras continuas mediante la asignación de presupuestos para la capacitación y el desarrollo de los empleados, que se espera optimicen su rendimiento y productividad para aumentar la calidad y la cantidad de la producción del aceite de palma.

En la perspectiva de la ecología empresarial interna (IBG por sus siglas en inglés), la prioridad es cómo se pueden gestionar y mantener los residuos producidos que se aplican al sistema de choque, que no sean perjudiciales para el ambiente o para el vecindario, para que la empresa siga preservando el medioambiente. Por el contrario, se espera que los residuos sólidos, los líquidos y las emisiones al aire puedan aportar valor agregado a la empresa. La planta de beneficio también genera desechos líquidos. Estos se encuentran en forma de efluente de aceite de palma proveniente del proceso en la planta de beneficio (POME), condensados de esterilización (8-12 %) y aguas residuales (13-23 %). A través del proceso de ingeniería, los residuos líquidos del aceite de palma podrían transformarse en biogás, si se ponen en un lugar especial llamado biorreactor. Además, también pueden utilizarse para piensos, materiales para fabricar jabones y biodiésel, y los restos se pueden usar para el riego, si se ha cumplido con la calidad establecida en las normas ambientales.

En términos del concepto de IBL *lean*, los KPI que se convierten en prioridades son el uso de la capacidad y el tiempo de transporte, que comienza desde la cosecha de los racimos de fruta fresca y va hasta el final del procesamiento. El aumento en el uso de la capacidad de procesamiento pretende subir la producción y el uso de los recursos. La mejora de este tiene como objetivo reducir el gasto por tonelada de aceite de palma producida. Se intenta disminuir el tiempo entre la cosecha y el procesamiento al mínimo posible para mantener la calidad de los racimos de fruta fresca y del APC. Una buena coordinación entre el gerente de la plantación y el transportista y la fábrica hará que las actividades de traslado sean rápidas, permitiendo minimizar los costos y mantener la calidad.

Desde el punto de vista del consumidor, el indicador prioritario es la calidad del aceite de palma crudo, que exige a las empresas mejorarla y mantenerla. Lógicamente, su buena calidad tendrá un

impacto positivo en la compañía, incluyendo el aumento de la satisfacción del cliente y mejoras en los ingresos totales. El nivel de interés del consumidor en los productos respetuosos con el ambiente se utiliza como KPI que representa el lado ecológico de la perspectiva del cliente. Este KPI se mide averiguando el porcentaje de consumidores que están dispuestos a pagar más por productos respetuosos del medioambiente y los límites de tolerancia de estos para pagar más por el aceite de palma respetuoso con el ambiente.

En función del factor total de cada KPI, las prioridades de los KPI se determinan desde el factor más alto hasta el más bajo. La Tabla 4 muestra las prioridades de los KPI.

El KPI de la máxima prioridad es un KPI crítico, lo que significa que tiene una importancia fundamental para el rendimiento de toda la cadena de suministro. A partir de ahí, la empresa puede determinar las políticas adecuadas para lograr la eficacia y la eficiencia de su cadena de suministro. En este estudio, se encontró que las perspectivas financieras y de aprendizaje y crecimiento son prioridades. Las pruebas demostraron que los tres KPI con mayor factor son los ingresos totales de la empresa, los costos totales de operación y los costos totales de la cadena de suministro. Se descubrió que el aspecto importante que se convirtió en la prioridad de la empresa fue alcanzar el objetivo de mayores utilidades satisfaciendo las necesidades del cliente, ofreciendo la mejor calidad de los productos de APC con el mejor servicio a los consumidores para minimizar los costos y lograr los ingresos esperados. En términos de la ecología, la empresa también prioriza la realización de procesos y actividades respetuosos con el ambiente, asignando presupuesto para gastos ambientales, de modo que puedan tratar los residuos adecuadamente para reducir el riesgo de daños e incidentes de este tipo y el riesgo de accidentes laborales dentro de la empresa.

## 6. Conclusiones

Este estudio ha generado un conjunto de KPI para medir el rendimiento de la cadena de suministro del APC con el enfoque LGSCM en el modelo de sosteni-

**Tabla 4.** Prioridades de los KPI

Código del KPI	Definición	Factor total
FL1	Ingresos totales de la empresa	0,103
FL3	Costo operacional total	0,078
FL2	Costo total de la cadena de suministro	0,072
LGG2	Las actividades son legales y cumplen con la ley y las regulaciones	0,063
FG1	Costo ambiental	0,059
LGG1	Mitigación del riesgo de incidentes ambientales	0,058

bilidad. Existen 28 KPI que fueron el resultado de la formulación LGSMC; estos constan de 15 KPI de cadena de suministro *lean* y 13 KPI de cadena de suministro *green*. Estos KPI son un indicador importante para medir el cumplimiento de las necesidades de todas las partes interesadas involucradas en la cadena de suministro del APC. El indicador está basado en los aspectos de reducción de costos e impacto ambiental. La agrupación de los KPI en 4 perspectivas de CMI dio como resultado 5 KPI para la perspectiva financiera, 3 para la perspectiva del cliente, 13 para la

perspectiva interna del proceso empresarial y 6 KPI para la perspectiva de aprendizaje y crecimiento. Los KPI con mayor factor son los de la perspectiva financiera, ya que los ingresos totales de la empresa (FL1) tienen un peso de 0,103. Por lo tanto, se espera que las empresas de APC puedan implementar estos KPI adquiridos y utilizarlos en sus procesos de negocios. Es necesario desarrollar los determinantes de subordinación para cada KPI, especialmente para determinar la escala de lo bueno, malo o moderado o para utilizar una escala de rendimiento.

## Referencias

- [1] McDonald, G. & Rahmanulloh, A. 2018. Indonesia Oilseeds and Products Annual 2018 *USDA Foreign Agricultural Service*.
- [2] Afriyanti, D., Kroeze, C. & Saad, A. 2016. Indonesia palm oil production without deforestation and peat conversion by 2050 *Science of the Total Environment* 557 562-70.
- [3] Lam, W. Y., Kulak, M., Sim, S., King, H., Huijbregts, M. A. & Chaplin-Kramer, R. 2019. Greenhouse gas footprints of palm oil production in Indonesia over space and time *Science of the Total Environment*.
- [4] Jelsma, I., Slingerland, M., Giller, K. E. & Bijman, J. 2017. Collective action in a smallholder oil palm production system in Indonesia: The key to sustainable and inclusive smallholder palm oil? *Journal of Rural Studies* 54 198-210.

- [5] Jelsma, I., Schoneveld, G. C., Zoomers, A. & Van Westen, A. C. M. 2017. Unpacking Indonesia's independent oil palm smallholders: An actor-disaggregated approach to identifying environmental and social performance challenges *Land Use Policy* **69** 281-97.
- [6] RSPO. 2014. *Factsheet: roundtable on sustainable palm oil*. Recuperado de [http://www.rspo.org/file/RSPO\\_factsheet\\_120705\\_25july.pdf](http://www.rspo.org/file/RSPO_factsheet_120705_25july.pdf)
- [7] Varkkey, H., Tyson, A. & Choiruzzad, S. A. B. 2018. Palm oil intensification and expansion in Indonesia and Malaysia: Environmental and socio-political factors influencing policy *Forest Policy and Economics* **92** 148-59.
- [8] Munasinghe, M., Jayasinghe, P., Deraniyagala, Y., Matlaba, V. J., dos Santos, J. F., Maneschy, M. C. & Mota, J. A. 2019. Value-Supply Chain Analysis (VSCA) of crude palm oil production in Brazil, focusing on economic, environmental, and social sustainability *Sustainable Production and Consumption* **17** 161-75.
- [9] Pye, O. 2019. Commodifying sustainability: Development, nature, and politics in the palm oil industry *World Development* **121** 218-28.
- [10] Khatun, R., Reza, M. I. H., Moniruzzaman, M. & Yaakob, Z. 2017. Sustainable oil palm industry: The possibilities *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **76** 608-19.
- [11] Huo, B., Gu, M. & Wang, Z. 2019. Green or lean? A supply chain approach to sustainable performance *Journal of Cleaner Production* **216** 152-166.
- [12] Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A. & Elfezazi, S. 2018. Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance *International Journal of Production Economics* **206** 79-92.
- [13] Leong, W. D., Teng, S. Y., How, B. S., Ngan, S. L., Lam, H. L., Tan, C. P. & Ponnambalam, S. G. 2019. Adaptive Analytical Approach to Lean and Green Operations *Journal of Cleaner Production* **235** 190-209.
- [14] Farias, L. M. S., Santos, L. C., Gohr, C. F. & Rocha, L. O. 2019. An ANP-based approach for lean and green performance assessment *Resources, Conservation and Recycling* **143** 77-89.
- [15] Dieste, M., Panizzolo, R., Garza-Reyes, J. A. & Anosike, A. 2019. The relationship between lean and environmental performance: Practices and measures *Journal of Cleaner Production* **224** 120-31.
- [16] Kumar, M. & Rodrigues, V. S. 2018. Synergetic effect of lean and green on innovation: A resource-based perspective *International Journal of Production Economics*.
- [17] Barth, H. & Melin, M. 2018. A Green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector-A Swedish case study 183-92. *Journal of Cleaner Production* **204** 183-92.
- [18] Reis, L. V., Kipper, L. M., Velásquez, F. D. G., Hofmann, N., Frozza, R., Ocampo, S. A. & Hernández, C. A. T. 2018. A model for Lean and Green integration and monitoring for the coffee sector *Computers and Electronics in Agriculture* **150** 62-73.

- [19] Zhan, Y., Tan, K. H., Ji, G., Chung, L. & Chiu, A. S. 2018. Green and lean sustainable development path in China: Guanxi, practices and performance *Resources, Conservation and Recycling* **128** 240-9.
- [20] Kaplan, R. S. & Norton, D. P. 1996. *Translating Strategy into Action: The Balance Scorecard* Boston: Harvard Business School Press.
- [21] Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process *International Journal of Services Sciences* **1(1)** 83-98.
- [22] Hadiguna, R. A. & Tjahjono, B. 2017. A framework for managing sustainable palm oil supply chain operations: a case of Indonesia *Production Planning & Control* **28(13)** 1093-106.