

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias
Exactas,
Naturales
y de la Salud

75

ANIVERSARIO

Año 13 N° 37

Mayo - Agosto 2022

Tercera Época

Maracaibo-Venezuela

Indicadores de desempeño operacional en el proceso de abastecimiento de la industria del plástico

Emilia Avilés-Sánchez*
Fernando Lámbarry-Vilchis**

RESUMEN

Pocas empresas contemplan indicadores de desempeño operacional en sus procesos de abastecimiento; una de ellas son las productoras de plástico. El objetivo de esta investigación consistió en proponer indicadores de desempeño operacional para la cadena de suministro en empresas medianas de esta industria. El método de investigación implicó validar, mediante expertos activos del sector, indicadores aplicables a la cadena de suministro. Los resultados muestran que los indicadores de desempeño operacional, por su naturaleza porcentual, inciden en la gestión y la toma de decisiones basada en la transferencia del impacto ambiental, aplicados a cada rango, parámetro y responsables del proceso de suministro.

PALABRAS CLAVE: indicadores de desempeño operacional, cadena de suministro, cadena de suministro de industria del plástico, desempeño ambiental en la cadena de suministro.

* Profesora-Investigadora del Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Comercio y Administración (Unidad Santo Tomás), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0871-9621>. E-mail: eaviles@ipn.mx

** Profesor-Investigador del Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Comercio y Administración (Unidad Santo Tomás), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0216-1647>. E-mail: flambarry@ipn.mx

Recibido: 20/01/2022

Aceptado: 08/03/2022

Operational performance indicators in the Plastics Industry supply process

ABSTRACT

Few companies contemplate operational performance indicators in their supply processes; one of them is the plastic producers. The objective of this research was to propose operational performance indicators for the supply chain in medium-sized companies in this industry. The research method involved validating, through active experts in the sector, indicators applicable to the supply chain. The results show that the operational performance indicators, due to their percentage nature, affect management and decision-making based on the transfer of environmental impact, applied to each range, parameter and responsible for the supply process.

KEYWORDS: operational performance indicators, supply chain, plastics industry supply chain, environmental performance supply chain.

Introducción

La industria del plástico es una de las más importantes en el mundo, participa con el 56% del producto interno bruto en la Unión Europea; mientras que en América Latina, con el 25% (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018). Se estima se producen 407 Millones de toneladas por año (Mtpa) de plástico, pero con un proceso productivo y disposición residual que impactan negativamente al medio ambiente al emitir 400 millones de toneladas de gas de efecto invernadero, y una baja tasa de reciclaje de sólo 9% (OECD, 2018); además, está enfocado sólo en la recuperación para su reciclaje, pero no en la medición de impacto de las actividades específicas de sus subprocesos (Giosa Zuazua & Fernández Massi, 2017). Es así que, durante el proceso de la cadena de suministro de las empresas, no se señala algún procedimiento intermedio de revisión para reducir el impacto ambiental durante las actividades de fabricación de plástico (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2018).

Aunque existen métodos para evaluar la sustentabilidad y longevidad de los materiales en el plástico, éstos suelen valorar el impacto ambiental al final del producto y escasamente en los

procesos paralelos y actores involucrados en el ciclo de vida del material que contribuyen a su fabricación (European Commission, 2018; Forum & Designing, 2018).

De esta forma, los indicadores de impacto ambiental y de sustentabilidad del proceso deben integrarse desde las primeras etapas del abastecimiento (Appiagyei, Ayarkwa y Agyekum, 2016). Derivado de esto, se han identificado algunos indicadores de desempeño ambiental que buscan minimizar el uso de energía, reducir el ruido y la contaminación y eficientizar el manejo de los recursos y la producción (Appiagyei et al., 2016; I SO 20400:2017, ISO14000, ISO 26000:2010); incluso algunos de ellos aplican específicamente para el proceso de abastecimiento de la industria del plástico (Avilés-Sánchez & Lámbarry-Vilchis, 2022), no obstante, carecen de indicadores operacionales para cuantificar el impacto real y su costo asociado, que en caso de tenerlos, gestionarlos adecuadamente y presentarlos en informes, pueden conducir a importantes ahorros y ganancias de productividad para las organizaciones (Shaw et al., 2010).

Esta investigación se planteó como objetivo proponer indicadores de desempeño operativo para el proceso de abastecimiento en las empresas medianas de plástico.

1. Proceso de abastecimiento y métricas ambientales de su desempeño

El proceso de abastecimiento se encuentra documentado a partir de las fases que lo integran, mientras que para la ISO 20400:2017(E), (2017) comprende el ciclo completo de identificación de necesidades (adquisición de bienes o servicios a un proveedor) hasta el contrato de servicios o final de la vida útil de los bienes, incluida la gestión de desperdicios; para la Global Sustainability Standards Board [GSSB] (2016) se compone por las actividades propias del suministro, pero identificando los impactos negativos desde la fuente de abastecimiento, los materiales renovables o no renovables, reciclados o vírgenes, hasta la relación comercial con el proveedor.

En otra perspectiva, se describe al proceso de abastecimiento integrado por tres subprocesos: el relacionado con actividades con el proveedor, el de responsabilidad del personal de abastecimiento y el de subprocesos internos (Bolstorff, 2011; Chopra y Meindl, 2008; GSSB, 2016; ISO 20400:2017(E), 2017; Krajewski et al., 2013), de manera que cada uno de ellos es complementario del otro. Perspectiva que retoman Avilés-Sánchez & Lámbarry-Vilchis (2022),

quienes determinan que el proceso de abastecimiento para la industria mediana del plástico se integra por tres subprocesos sustantivos: el subproceso de área de compras, el de proveedores y el subproceso interno de recepción de materia prima.

En tanto que, los indicadores de desempeño operacional están definidos como aquellos indicadores que proporciona información sobre el desempeño ambiental de las operaciones de una organización (International Standard Organisation-ISO 14031, 1999), mismos que se han convertido en un tema de investigación emergente debido en gran medida por la creciente concientización de los consumidores respecto a la huella de carbono, el diseño logístico, la forma de reciclar, la selección de socios comerciales, de materias primas, entre otros, en los procesos de fabricación (Dey & Saha, 2018); por lo que resulta fundamental tener en cuenta consideraciones de adquisición sostenible desde el principio de las operaciones organizacionales (World Bank, 2019), con la incorporación de criterios de desempeño ambiental en las etapas de selección y evaluación de proveedores durante el proceso de abastecimiento (Igarashi et al., 2015; Kalubanga, 2012; Walker et al., 2012); y, en general, en cualquier nivel y extensión de la cadena de suministro (Tuni et al., 2018; World Bank, 2019), las empresas están priorizando a los proveedores más considerados con el medio ambiente.

Así, una parte de la literatura reciente en este tema destaca la importancia de la huella de carbono en el ciclo de vida de la cadena de suministro, que inicia con la elaboración de las materias primas, hasta la disposición de los residuos finales, incluidos el empaque y embalaje (Fenercom, 2014; Papendieck, 2010; Samaniego & Schneider, 2010); además de la responsabilidad del consumidor, sea por la compra de materia prima o por el producto final, que con su decisión impacta en el aumento o disminución de emisiones de dióxido de carbono, generadas en el proceso productivo o de logística de la cadena de suministro (Giunipero et al., 2012; Ji et al., 2015; Penz & Polska, 2018).

Derivado de lo anterior, existen metodologías que en una forma de medir el impacto ambiental de la organizaciones estiman formas de contabilizar las emisiones de dióxido de carbono de sus procesos, y proponen incorporar a los proveedores para que apoyen reducir las; así se tienen las normas ISO 14001, 14031, 14034, 20400 sobre gestión ambiental y guía de suministro sustentable (International Standard Organisation, 1999, 2015, 2016, 2017); los

estándares de sostenibilidad GRI (Global Reporting Initiative) del Global Sustainability Standards Board (Global Sustainability Standards Board, 2016); guías específicas como el GHG Protocol para la contabilidad, cálculo y monitoreo de los gases de efecto invernadero (Fenercom, 2014; Magro González, 2012; Mura et al., 2018); así como las herramientas de cálculo para actividades específicas, como el transporte o el comportamiento del consumidor (International Standard Organisation, 2006; Yu et al., 2018).

No obstante, como lo refiere Shaw et al., (2010) sólo el GRI (que es muy estricto en el cálculo y presentación del informe) como la ISO 14031, tienen la capacidad de que a partir de su interpretación se generen múltiples indicadores de desempeño ambiental; mientras que el resto de estos estándares no contemplan indicadores de desempeño operacional explícitos para cada uno de los factores ambientales que intervienen, más bien se orientan hacia aspectos generales como la responsabilidad de los encargados de cada subproceso, el control organizacional de los procesos, límites operativos, los relacionados con las emisiones directas de gas de efecto invernadero, los asociados a la electricidad, el consumo de combustible de vehículos para el funcionamiento del proceso (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2015); algunos más coinciden en la eficiencia y flujo de materiales durante todo el proceso productivo, enfatizando el uso adecuado de los recursos naturales, como el consumo de agua, suelo y recursos no renovables (IHOBE, 1999; Medel-González et al., 2015; Samaniego & Schneider, 2010).

Pese a ello, en la práctica del mundo real, las empresas enfrentan dificultades para incorporar criterios ambientales en su función de evaluación y desempeño de proveedores (Genovese et al., 2014).

2. Método de investigación

El objetivo de esta investigación consistió en proponer indicadores de desempeño operacional a partir del proceso de abastecimiento de las empresas medianas de plásticos, documentado por Avilés-Sánchez & Lámbarry-Vilchis, (2022); para ello el método consistió en seleccionar, mediante un análisis documental, aquellos indicadores aplicables al proceso descrito. Posteriormente, los indicadores operacionales fueron validados a través de dos especialistas en gestión ambiental y siete expertos laboralmente activos en la gestión de procesos

de abastecimiento de medianas industrias de plástico de la Ciudad de México, mediante una serie de entrevistas realizadas en forma electrónica del 17 de octubre al 21 de noviembre de 2019.

Los nombres de los indicadores de desempeño operacional se asignaron a través del análisis de palabras clave, un enfoque establecido en el campo de la gestión de la cadena de suministro (Ahi & Searcy, 2013).

3. Resultados y discusión

El proceso de abastecimiento de la industria mediana, reportado por Avilés-Sánchez & Lámbarry-Vilchis (2022), se encuentra conformado por las actividades de búsqueda de proveedores, colaboración con proveedores, selección de proveedores, negociación con proveedores, gestión de orden de compra, emisión de orden de compra, planeación de parámetros de compra, recepción de material en planta, rechazo de material, reciclaje, eliminación de reprocesos y costos ambientales generales del proceso.

Es así que los indicadores de desempeño operacional propuestos, resultan de la revisión documental, de manera que conceptualmente se agruparon por asociación de palabras clave con las actividades del proceso. Este enfoque de asociación de los indicadores bajo una métrica porcentual se fundamentó bajo los sub procesos operativos que impactan al proceso de suministro de la materia prima, como lo son: las emisiones de gas al ambiente producidos por su transportación, los residuos, empaques y embalajes usados en el proceso. Para el desempeño se enfatizó la capacitación como valor para la eliminación de gastos, y de igual forma en las emisiones de gases de efecto invernadero que por error u omisión en el proceso se deban contabilizar.

Por otro lado, el reciclaje se enfocó a los conceptos de rehúso de materiales y disposición de material en los procesos de rechazo de material o en daño de insumos en la recepción de los productos relacionados con el personal interno de la organización.

De esta forma los expertos bajo un enfoque dicotómico asintieron los indicadores asociados a la cadena de abastecimiento que se visualiza en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores de desempeño operacional en el proceso de abastecimiento

Fases	Indicadores de desempeño ambiental	Métricas de desempeño ambiental
Búsqueda de proveedores	Proveedores con certificaciones para la sostenibilidad	% de certificaciones medioambientales; % de certificaciones socialmente responsables; % de certificaciones en gestión de calidad % total de productos de material prima sustentable; % de proveedores con actividades amigables con el ambiente; % Identificación de actividades con impacto ambiental
	Materias primas sustentables	% de productos de materias primas con procesos sustentables
	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de material negociado para disposición de residuos por proveedor (cadena inversa) % de reducción de energía por conocimiento del ciclo de vida del producto como materia prima.
	Uso de materias primas no renovables	% de innovación para reducción de desperdicios
	Integridad y procesos operativos justos	% de emisiones de gases de efecto invernadero por servicio y uso de transporte
	Transferencia de costos ambientales	% Innovación en desarrollo de fuentes de suministro % variación de precios por suministro materia primas sustentables % variación de precios por suministro materia primas sustentables
	Materias primas sustentables	% total de productos de material prima proveniente de proveedores con procesos sustentables
Colaboración con proveedores	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de material negociado para disposición de residuos por proveedor (cadena inversa) % de reducción de energía por conocimiento del ciclo de vida del producto como materia prima.
	Uso de materias primas no renovables	% de innovación para reducción de desperdicios % de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por servicio en transporte por proceso
	Generación de residuos	% de reducción de residuos por proceso
	Emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente	% de emisiones de gases de efecto invernadero por servicio y uso de transporte

Selección de proveedores:	Proveedores con certificaciones para la sostenibilidad	% total de productos de material prima sustentable; % de proveedores con actividades amigables con el ambiente
	Materias primas sustentables	% variación de precios por suministro materia primas sustentables
	Transferencia de costos ambientales	% de entregas perfectas % variación de precios por suministro materia primas sustentables; % de entregas perfectas
	Emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente	% de uso de transporte amigable con el ambiente
	Uso de materias primas no renovables	% de reducción de residuos por proceso; % de reducción de materia prima no renovable
	Empleo Verde y Capacitación en procesos verde	% de trabajadores realizando tareas de empleo verde en puestos de directivos, técnicos o profesional.
	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de proveedores con uso eficiente de herramientas IT; % de reducción de impacto ambiental por consumo de materias primas
Negociación con proveedores	Transferencia de costos ambientales	% de emisiones de órdenes de compra en tiempo; % errores en la creación de órdenes de compra; % de productos de materia prima faltante por impacto ambiental
	Impacto ambiental por rutina de actividades en el proceso.	% de fletes duplicados; % de fletes evitados o consolidados; % de errores por planeación de inventarios que impacten en el ambiente % de errores en ordenes al proveedor (externa) generando residuos
	Impacto ambiental por uso de instalaciones y equipos	% de errores en ordenes al proveedor (externa) generando residuos; % de proveedores con uso eficiente de herramientas IT % de proveedores con uso eficiente de herramientas IT
	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de ordenes imperfectas que generan residuos al ambiente; % de materiales faltantes en inventarios
	Proveedores con certificaciones para la sostenibilidad	% de certificaciones medioambientales; % de certificaciones socialmente responsables; % de certificaciones en gestión de calidad

Gestión de orden de compra	Uso de materias primas no renovables	% de rechazos de inventario de materia prima de recursos no renovables; % de rechazos por daños en empaque; % de errores en parámetros de planeación; % de material destruidos (impacto gases de efecto invernadero)
	Impacto ambiental por rutina de actividades en el proceso	% de re trabajos en orden de compra; % de residuos de papel por impresión; % de reprocesos (mala planeación)
	Emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente	% de optimización de fletes para reducir emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente; % de ideas de valor para evitar costos y realizar ahorros en costos; % de emisiones de gases de efecto invernadero por servicio de fletes por retrasos en entregas programadas; % de emisiones de gases de efecto invernadero por errores en planeación de embarques por fletes
	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de re trabajos en proceso; % de reducción de desperdicios (tiempo y sólidos)
	Empleo Verde y Capacitación en procesos verde	% de ideas de valor para eliminación de costos (capacitación verde); % de ideas de valor medioambiental para ahorros (capacitación verde); % de proceso de optimización de planeación de materia prima (falta de inventarios); % de reducción de desperdicios (tiempo y sólidos); % de pronósticos erróneos
	Impacto ambiental por rutina de actividades en el proceso.	% de re trabajos en proceso uso de energía eléctrica; % de errores en planeación de embarques re trabajos por envío de información; % de residuos sólido (papel)
Emisión de orden de compra	Emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente	% de reducción de desperdicios y demoras en tiempo para evitar emisiones de gases de efecto invernadero; % de emisiones de gases de efecto invernadero por errores en planeación de embarques por fletes % de reducción de desperdicios y demoras en tiempo; % de emisiones de gases de efecto invernadero por errores en transporte por planeación
	Uso de materias primas no renovables	% de ideas de valor para costos evitados y ahorros para el medio ambiente (capacitación verde); % de errores por planeación que impactan al ambiente; % de costos por desperdicios; % de

	materiales faltantes para producción; % de generación de residuos por proceso administrativo
Proveedores con certificaciones para la sostenibilidad	% de certificaciones medioambientales; % de certificaciones socialmente responsables; % de certificaciones en gestión de calidad
Impacto ambiental por uso de instalaciones y equipos	% de inventarios obsoletos; % de materiales con sobre inventario con impacto ambiental; % de residuos generados por inventarios
Impacto ambiental por rutina de actividades en el proceso.	% de generación de residuos por activadas administrativas; % de desperdicios de materias primas no renovables
	% de generación de residuos por activadas administrativas; % de desperdicios de materias primas no renovables
	% de re trabajos en proceso administrativo; % de emisiones de gases de efecto invernadero por atrasos en entrega
Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de consumo de energía eléctrica; % de consumo de materias primas no renovables
	% de generación de residuos por material rechazado en almacén % de costos ambientales por destrucción o eliminación de inventarios
Transferencia de costos ambientales	% cambios efectivos en suministro de materia prima con disminución en el impacto ambiental; % de residuos por daños en recepción por maniobras % de daños en inventarios por proveedor
Empleo Verde y Capacitación en procesos verde	% de trabajadores realizando tareas de empleo verde en puestos de directivos, técnicos o profesional.
Uso de materias primas no renovables	% de consumo de materias primas no renovables; % de generación de residuos por proceso administrativo
Generación de residuos	% de energía eléctrica; % de consumo de papel % de residuos por daños en recepción por maniobras

Planeación de parámetros de compra

Recepción de material en planta	Impacto ambiental por rutina de actividades en el proceso.	% de consumo de energía eléctrica; % de consumo de materias primas no renovables; % de desperdicios; % de re trabajos
		% de optimizaciones de fletes disminución de gases de efecto invernadero; % de emisiones de gases de efecto invernadero
	Generación de residuos	% de generación de residuos de materiales no renovables; % de generación de residuos sólidos por maniobras
		% de errores en entregas; % de materia prima rechazada; % contaminación de residuos de procesos; % de costos ambientales transferidos
	Emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente	% de emisiones de gases de efecto invernadero por espera en transporte en planta (adelanto/atraso); % de retrasos en entregas (re trabajos)
	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% contaminación de residuos de procesos por exceso de maniobras con emisiones al ambiente; % de emisiones de gases de efecto invernadero; % de costos ambientales transferidos
Rechazo de material	Materiales peligrosos y dañinos al ambiente	% de emisiones de gases de efecto invernadero por espera en transporte en planta (adelanto/atraso); % de contaminación por re trabajos en la operación; % de energía
	Generación de residuos	% de residuos por daños en empaque y embalaje; % de emisiones contaminantes por generación de residuos
		% de devoluciones exitosas; % de generación de residuos peligrosos; % de generación de residuos que generan daño a la salud
	Empleo Verde y Capacitación en procesos verde	% de gases de efecto invernadero emitido por desconocimiento de responsable de daño; % de residuos generados por daños por el proceso interno; % de costos financieros por daño al ambiente; % de residuos por material sin respuesta por proveedores
	Servicios de soporte a las operaciones de la organización	% de uso de transporte adicional con uso de combustibles fósiles
		% de emisiones de gases de efecto invernadero por pedidos adicionales; % de residuos sólidos generados por re trabajos en empaques y embalajes; % residuos sólidos generados por re trabajos en la calidad del producto.
Materiales peligrosos y dañinos al ambiente	% de residuos peligrosos emitido por reproceso de materia prima rechazado % de residuos peligrosos emitido por destrucción de material	

	Transferencia de costos ambientales	% de gases de efecto invernadero emitido por desconocimiento de responsable de daño % de residuos generados por daños por el proceso interno % de costos financieros por daño al ambiente % de residuos por material sin respuesta por proveedores
	Emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente	% de emisiones de gases de efecto invernadero por fletes adicionales por errores o rechazo de material
Reciclaje	Generación de residuos	% de residuos sólidos generados por entrega de material; % de residuos sólidos reciclados; % de residuos sólidos destruidos; % de emisiones de gas de efecto invernadero por generación de residuos; % de disminución de generación de residuos; % de disposición correcta de residuos sólidos; % de disposición de residuos sólidos como basura general
		% de material venta reciclaje; % de material para reutilización; % de venta de material desechos sólidos; % reutilización de materia prima para disminución de desperdicios del ciclo de vida del producto % disminución de residuos por procesos administrativos
Eliminación de reprocesos	Empleo Verde y Capacitación en procesos verde	% de integración de procesos para eliminación de residuos sólidos; % de disminución de reprocesos con proveedores para evitar desperdicios; % de uso de material reciclado en materias primas"
		% de empleados en capacitación en producción verde
		% de empleados en capacitación en producción verde
		% de trabajadores realizando tareas de empleo verde en puestos de directivos, técnicos o profesional.
	Servicios de soporte a las	% de empleados en capacitación en producción verde
		% de ideas de valor en la gestión del proceso de suministro verde
		% de impacto ambiental por re trabajos por desempeño en el proceso

	operaciones de la organización		
Costos ambientales generales del proceso	Cumplimiento de normas legales relacionadas al medio ambiente	% de costos ambientales generados por desempeño de proveedores; % de costos ambientales generados por acciones internas del proceso; % de impactos ambientales identificados % costos financieros identificados por impacto ambiental	
	Impacto ambiental por rutina de actividades en el proceso	% de acciones preventivas para disminución, ahorro o eliminación de costos. % de acciones preventivas para disminución, ahorro o eliminación de costos.	
	Transferencia de costos ambientales		% de reducción por contaminación de residuos de procesos
			% de acciones preventivas para ahorro en costos; % de acciones preventivas para eliminación de costos
			% de disminución de reprocesos por innovación en material prima o proceso de elaboración
			% de disminución de reprocesos por innovación en empaques.
			% disminución de costos ambientales % de acciones preventivas para ahorro en costos % de acciones preventivas para eliminación de costos

Fuente: elaboración propia a partir de: Avilés-Sánchez & Lámbarry-Vilchis, (2022); Briggs (2017); Cervera-Ferri and Ureña (2017); Fenercom (2014); International Standard Organisation, 2015; ISO 14031-1999 (1999); IHOBE, (2013) EMAS; Medel-González et al. (2015); Samaniego and Schneider (2010); Secretaria de Ambiente de Bogotá (2015) y Quiroga (2009)

Identificar y medir el impacto que tienen los diferentes subprocesos del suministro representa no solamente la medición del desempeño del proveedor, del responsable de la planeación de compras o del personal en la recepción de material; sino un cambio de pensamiento basado en la gestión de la calidad total, del ciclo de planear, hacer, verificar y medir como parte de la correlación entre la gestión y los resultados de la operación.

Es entonces que el resultado porcentual vincula una concientización del medio ambiente por parte de las personas vinculadas en el proceso, la identificación de oportunidades para el cambio en la cantidad de emisiones de dióxido de carbono y la gestión correcta de los procesos; promoviendo la creación de valor en el desempeño, donde se identifique correctamente el costo

generado por el impacto ambiental, por la gestión y la toma de decisiones basada en la transferencia de impacto ambiental, aplicados de acuerdo a cada rango, parámetro y responsable del proceso de suministro resultado del desempeño de la actividad.

Ahora bien, los indicadores son susceptibles de aplicarse de forma general, por etapa del proceso o por resultado de medición del impacto ambiental, sea desde la planeación de compra y relación con el proveedor, la entrega de calidad del material y el rechazo de mercancía, hasta el desempeño del personal de abastecimiento. Además, es posible definir sólo las actividades con mayor impacto y sus indicadores respectivos, como el rechazo de material y la eliminación de reprocesos.

- Búsqueda de proveedores: en esta fase, es responsabilidad del personal -junto con el proveedor- ejecutar y controlar que la huella ecológica proveniente de las actividades relacionadas al suministro de materia prima cumpla con un mínimo de certificaciones enfocadas al cuidado del medio ambiente, en la gestión de sus residuos, de reciclaje, de sus emisiones contaminantes al transportar la mercancía; en general, por la gestión de su sistema de calidad o innovación de sus procesos.
- Colaboración con proveedores: la colaboración entre los proveedores y la organización forma parte importante de la disminución de emisiones de dióxido de carbono. En esta fase debe establecerse el tope máximo de emisiones contaminantes al planear en forma conjunta y óptima la logística del transporte y el uso de materias primas renovables certificadas; ello impactaría además en la disminución de transferencia de costos ambientales por operaciones irregulares del abastecimiento de materia prima.
- Selección de proveedores: esta fase se enfoca principalmente en la calidad del servicio y las acciones para hacer frente al impacto ambiental, como resultado de las negociaciones que garanticen la innovación bajo un enfoque de desarrollo de opciones de materia prima que soporten la sustentabilidad en la organización.
- Negociación con proveedores: una de las principales actividades en la adquisición de materia prima es la negociación, al establecer las condiciones medioambientales a medir por el proveedor y la responsabilidad, y con ellos evitar la transferencia de costos ambientales por errores de calidad. El costo acordado entre el proveedor y la organización

debe reflejar las acciones y los controles ambientales adecuados para que se eviten errores en el proceso de ejecución de la operación.

- Planeación de parámetros de compra: la planeación alineada a la mejora continua de la organización buscaría establecer parámetros de medición que identifiquen los errores recurrentes derivados de reparar el proceso regular, de manera que estas deficiencias en la calidad de gestión impacten en menor medida en la generación de desperdicios por reprocesos.
- Gestión de orden de compra: con incidencia en la capacitación en el trabajo verde se busca concientizar a los trabajadores y su responsabilidad en la gestión del proceso; con su conocimiento y conciencia ambiental se reducen gastos por errores o por deficiencias en el proceso realizado, por el personal al gestionar la compra.
- Emisión de orden de compra: este proceso requiere de métricas enfocadas en los parámetros de compra establecidos en la negociación, para determinar los volúmenes de compra enfocados en la optimización de los procesos que produzcan emisiones de dióxido de carbono, así como la inclusión de ideas de valor que eviten gastos y errores por consolidación de actividades, o bien eliminen desperdicios resultados de la gestión de una orden de compra.
- Recepción de material en planta: los procesos internos de la organización, al ser medidos y ejecutados de forma adecuada y sustentados bajo la capacitación verde de los trabajadores, reduce las emisiones contaminantes asociadas a los errores identificados en las entregas, y con ello se evita asumir costos adicionales por uso incorrecto o disposición de los insumos del material rechazado.
- Rechazo de material: la duplicidad de actividades por rechazo de materiales se traduce en emisiones agregadas por errores en la materia prima; financieramente los gastos de rechazo están incluidos en los costos del producto. Sin embargo, la duplicidad de las emisiones generadas por actividades duplicadas para subsanar los errores hace que la cantidad de emisiones por huella de carbono, que no se tienen contabilizadas, se dupliquen por recolección del rechazo y el reproceso de entrega del material sustituto, como la disposición o destrucción de la materia prima.

- Reciclaje: en esta fase se propone medir la responsabilidad mediante la aportación de ideas de valor del proveedor, del responsable de compras y del personal de recepción para realizar una disposición correcta de los desperdicios, así como reducir la generación de residuos, incluyendo acciones como reuso de materiales o cambios innovadores para evitar o reusar empaques y embalajes del proceso regular.
- Costos ambientales generales del proceso: en esta fase se propone una métrica asociada a los gastos y costos generales generados por impacto en el medio ambiente, pero que no están contabilizados, tales como emisiones de gas de efecto invernadero independientemente del registro contable del gasto. La relación de proveedor y el responsable de compra se enfocan en validar los cambios no sólo por resarcir el error en la materia prima, sino también en evitar gastos por los daños ambientales que por proceso se perciben regulares.
- Eliminación de reprocesos: Esta actividad del proceso se enfoca no sólo al desempeño del personal de abastecimiento sino también al proveedor con base a un intercambio de ideas de cambio para mejorar la calidad del servicio, reducir la emisión de gas de efecto invernadero generados innecesariamente por condiciones repetitivas que podrían eliminarse o evitarse, al consolidarse o revisarse las actividades durante la planeación de compras.

Conclusiones

Los indicadores de desempeño operacional durante el proceso de abastecimiento de la industria del plástico deben implementarse dentro de un marco de planeación estratégica; su adecuada gestión evitará principalmente impactar negativamente al ambiente mediante la huella de carbono asociada al proceso, además de la transferencia y absorción de costos de la organización que por errores u omisiones pueden ser eliminados.

Los indicadores permiten planear, controlar, gestionar y verificar estratégicamente los resultados de la gestión funcional del departamento y la comunicación efectiva, para realizar eficientemente el proceso entre los involucrados en el proceso: proveedor, responsable de las compras de materia prima, así como el área de recepciones.

Uno de los enfoques clave de la relación de indicadores se basa en fomentar el seguimiento de procesos de planeación de entregas, el desempeño del personal de compras y el proceso logístico del transporte por concepto de emisiones de huella de carbono, por el uso de fletes y transportes en procesos locales o de comercio exterior; adicional a ello, el seguimiento también de actividades por rechazo y disposición correcta de residuos generados en todo el proceso, así como la concientización del personal en el impacto ambiental por la generación u omisión de errores, en la transferencia costos absorbidos por el desempeño del proveedor o bien por errores desde la recepción de la materia prima.

Este trabajo es una provocación a un cambio de pensamiento para tomar conciencia del impacto ambiental de los involucrados y actividades en el proceso de la cadena de suministro de la industria del plástico; además sugiere como futuras líneas de investigación, consolidar estos indicadores operacionales o algunos otros que puedan implementarse para reducir la huella ecológica y mejorar el desempeño ambiental y financiero de las organizaciones.

Referencias

- Appiagyei, A. A., Ayarkwa, J., & Agyekum, K. (2016). Environmental Considerations in Procurement Decisions: A Literature Review. *Sustainability in Environment*, 1(1), 40. <https://doi.org/10.22158/se.v1n1p40>
- Avilés-Sánchez, E., & Lámbarry-Vilchis, F. (2022). Indicadores de desempeño ambiental en el proceso de abastecimiento de la industria de plástico. *Revista Universidad y Empresa*, 24(42), 1-25. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.10381>
- Bolstorff, P. and R. R. (2011). *Supply chain excellence : a handbook for dramatic improvement using the SCOR model* (A. M. A. AMACOM (ed.); Tercera Ed).
- Briggs. (2017). *Environmental management systems for SMEs a practical guide for SMEs ISO 14001:2015*. www.iso.org
- Cervera-Ferri, J. L., & Ureña, M. L. (2017). Indicadores de producción verde. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, 1(S-17-00065), 175.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. In *The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

EMAS (2013). *Guía Práctica para la aplicación del Reglamento EMAS* (Vol. 193).

European Commission. (2018). *PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs)*. 1-142.

Fenercom, (2014). *Guía sobre Declaración Ambiental de Producto y Cálculo de Huella de Carbono* (2014) (p. 117). Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. <http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion.php?id=205>

Forum, O. G., & Designing, C. E. (2018). *Considerations and Criteria for Sustainable Plastics from a Chemicals Perspective BACKGROUND PAPER 1*. May.

Giosa Zuazua, N., & Fernández Massi, M. (2017). La competitividad de las empresas de productos plásticos: una tipología a partir de factores empresariales y estructurales. In *La Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación (ENDEI)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.

Giunipero, L. C., Hooker, R. E., & Denslow, D. (2012). Purchasing and supply management sustainability: Drivers and barriers. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18(4), 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.06.003>

Global Sustainability Standards Board (GSSB). (2016). Gri 308: Evaluación Ambiental De Proveedores 2016. In *Global Sustainability Standards Board*.

IHOBE. (1999). *Guía de indicadores medioambientales para la empresa*. https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/430/52300/1/Documento.pdf

IHOBE. (2013). *7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*.

International Standard Organisation. (2015). ISO 14001:2015. Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso.

International Standard Organisation. (1999). ISO 14031 Gestión ambiental-Evaluación del desempeño ambiental-Directrices.

International Standard Organisation. (2006). ISO 14064-1-2006. Specification with guidance at the organization level greenhouse gas emissions and removal.

International Standard Organisation. (2017). ISO 20400- Sustainable procurement — Guidance.

Ji, P., Ma, X., & Li, G. (2015). Developing green purchasing relationships for the manufacturing industry: An evolutionary game theory perspective. *International Journal of Production Economics*, 166, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.009>

Kalubanga, M. (2012). SUSTAINABLE PROCUREMENT: Concept, and Practical Implications

for the Procurement Process. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 1(7), 01–07.

Krajewski, L. J., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013). *Administración de Operaciones. Procesos y cadena de suministro* (Décima edi). Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Magro González, J. (2012). Cálculo y verificación de la huella de carbono. Acciones de reducción de emisiones. *Aenor*, 116. https://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=315713&folderId=880358&name=DLFE-10603.pdf

Medel-González, F., García-Ávila, L., Hernández, C., & Medel-González, M. (2015). Procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental: aplicación em el sector energético cubano. *Gestao e Producao*, 22(3), 463–479. <https://doi.org/10.1590/0104-530X101-12>

OECD (2018). Improving Plastics Management : Trends , policy responses , and the role of international co-operation and trade. *Background Report*, 12, 24.

Papendieck, S. (2010). *La huella de carbono como nuevo estándar ambiental en el comercio internacional de agroalimentos*. 1–82.

Penz, E., & Polska, P. (2018). How do companies reduce their carbon footprint and how do they communicate these measures to stakeholders? *Journal of Cleaner Production*, 195, 1125–1138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.263>

Quiroga, M. R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe* (CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe (ed.)). Organización de las Naciones Unidas.

Samaniego, J., & Schneider, H. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. *CEPAL & República de Francia*, 46. <http://repositorio.cepal.org:80/handle/11362/3753>

Secretaria de Ambiente de Bogotá. (2015). *Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa*.

Yu, F., Yang, Y., & Chang, D. (2018). Carbon footprint based green supplier selection under dynamic environment. *Journal of Cleaner Production*, 170, 880–889. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.165>