

CARACTERIZACIÓN DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE PARA LA EMPRESA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS SOFAN INGENIERÍA S.A.S, UBICADA EN MOSQUERA CUNDINAMARCA.

Jenny Carolina López Gómez¹.

RESUMEN

Este artículo se presenta como un estudio de caso, a través del cual, se busca determinar un perfil de sostenibilidad para un proceso de producción en una empresa del sector de obras civiles dedicada a la producción de mezcla asfálticas, donde a través de un enfoque cualitativo, se busca integrar modelos que aportan desde el ámbito de la producción a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en temas de desarrollo económico, social y ambiental, con el fin de gestionar de manera sostenible las necesidades de los seres humanos. Los procesos actuales para la producción de asfalto son una gran fuente de contaminación atmosférica, puesto que, generan gases nocivos para la calidad del aire, es así como, la importancia de la sostenibilidad en los procesos de producción de asfalto radica en la necesidad de mitigar los impactos ambientales generados durante el proceso de producción. Desde esta perspectiva la aplicación de modelos de producción más limpia, y la implementación de indicadores permiten evaluar los sistemas de gestión de calidad ayudando a que desde la industria de mezclas asfálticas se reduzcan los impactos y los costos de producción.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, Procesos de Producción, ODS.

CHARACTERIZATION OF A SUSTAINABLE PRODUCTION PROCESS FOR THE ASPHALT MIX COMPANY SOFAN INGENIERÍA S.A.S, LOCATED IN MOSQUERA CUNDINAMARCA.

ABSTRACT

This article is presented as a case study, through which we seek to determine a sustainability profile for a production process in a company in the civil works sector focused on the production of asphalt mixtures, where through a qualitative approach, it seeks to integrate models that contribute from the field of production to the Sustainable Development Goals (SDGs) on issues of economic, social and environmental development, in order to sustainably manage the needs of human beings. The current processes to produce asphalt are a great source of atmospheric pollution, since generate harmful gases for air quality, this is how, the importance of sustainability in asphalt production processes lies in the need to mitigate the environmental impacts generated during the production process. From this perspective, the application of cleaner production models and the implementation of indicators allow the evaluation of quality management systems, helping the asphalt mixture industry to reduce impacts and production costs.

Keywords: Sustainable development, Production Processes, SDG

¹ Jenny Carolina López Gómez, optante al título Ingeniería Industrial, estudiante, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, lopez.jenny@uniagraria.edu.co.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

La sostenibilidad se ha convertido en un objetivo primordial a nivel mundial, permeando los procesos productivos, las cadenas de suministro y el entorno económico en general. Esta tendencia global, impulsada por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas han sido acogidos por los gobiernos a nivel mundial incluyendo a Colombia. En este sentido, en el país se han realizado avances en el medio ambiente, el cambio climático, el consumo, la producción responsable y el uso sostenible de recursos naturales, frente al compromiso de reducción del 51% en sus emisiones de gases de efecto invernadero (ONU Colombia, 2023).

En cuanto al desempeño económico Colombia, se ha recuperado rápidamente de la post-pandemia con un incremento significativo del PIB con un crecimiento del “10,7 % en 2021 y un 8,5 % en el primer trimestre de 2022.” (Banco Mundial, 2022, p.1). Sin embargo, este crecimiento, debe ser considerado dentro del contexto de la biodiversidad del país y los compromisos de la reducción de emisiones adquiridos, donde el compromiso con la reducción de emisiones y el desarrollo sostenible es cada vez más palpable en lo que refiere al cumplimiento de la Agenda 2030 de Naciones Unidas,

Desde esta perspectiva, las empresas, particularmente del sector de la construcción, han empezado a incorporar líneas productivas sostenibles que integra a la empresa con sus proveedores y clientes. No obstante, la participación del sector de la construcción en reportes de sostenibilidad es todavía limitada, representando solo un 4% según el Departamento Nacional de Planeación. DNP

Esto evidencia la necesidad de una mayor incorporación de empresas a estrategias sostenibles, especialmente en la adopción de tecnologías más limpias y eficientes, y una participación más activa en la conservación del entorno natural. (DNP, reporte “Una mirada a los resultados de la contribución del sector privado a los ODS”). En respuesta a ello, la normativa ambiental colombiana, en particular el decreto 1076 de 2015, establece requisitos estrictos sobre emisiones atmosféricas y responsabilidad social para las

empresas, reforzando la importancia de una gestión ambiental efectiva.

En el contexto de esta investigación, se realizará un estudio de caso en SOFAN Ingeniería S.A.S. clasificada en la categoría de mediana empresa, Dicha entidad se especializa en la producción de mezclas asfálticas en caliente y la ejecución de proyectos en el sector de la ingeniería civil con actividades inherentes a la construcción de carreteras y obras civiles (SOFAN, 2022)

En lo que refiere a la sostenibilidad la empresa cuenta con una política ambiental que refleja su compromiso con la calidad y la ética empresarial, con valores como la honestidad, integridad, excelencia y responsabilidad. Sin embargo, aún no ha definido sus prácticas en términos de sostenibilidad.

Desde esa perspectiva, es de interés caracterizar dentro de los procesos productivos de SOFAN las actividades que se están desarrollando en ámbitos de sostenibilidad y las condiciones viables que puede aprovechar al mejorar sus prácticas empresariales. En este sentido, al examinar las políticas y objetivos de la empresa y alinearlos con los estándares de sostenibilidad, se garantizará el crecimiento y reconocimiento de SOFAN dentro del entorno competitivo del sector de obras civiles en el contexto colombiano.

Cabe notar, que la empresa en cuestión representa un ejemplo significativo dentro del sector, y su estudio proporciona una valiosa comprensión de las dinámicas y desafíos específicos en este campo.

1.2. Justificación

La sostenibilidad como enfoque de los procesos productivos posibilita el mejoramiento de las condiciones de producción de una empresa, es por eso que este trabajo resulta pertinente para la disciplina de la Ingeniería Industrial, así como también, para el curso de Sostenibilidad empresarial, sociedades BIC y reportes no financieros; puesto que integra el cuidado del medio ambiente y la atención a los desafíos del cambio climático en la producción empresarial, aportando a la conservación de nuestro planeta, y simultáneamente a mejorar las condiciones y eficiencia en la producción empresarial e industrial.

Este enfoque permite a las empresas contribuir a la protección ambiental y a la vez, posicionarse competitivamente en el mercado, respondiendo a las demandas sociales actuales que día a día involucran y requieren prácticas más sostenibles y responsables.

En el contexto de aplicación, este proyecto tendrá un impacto transformador para la empresa SOFAN Ingeniería S.A.S, pues brindará un diagnóstico con información que sirva de base para el desarrollo sostenible de los diferentes procesos que allí se implementen, así mismo, esta información será fundamental para la toma de futuras decisiones estratégicas de cambio, dado que esta empresa busca tener desarrollos sostenibles que aporten a la sociedad y permitan a su vez, un alto nivel de competitividad en el mercado.

Para finalizar, este trabajo se cataloga dentro de la línea de Desarrollo sostenible de UNIAGRARIA, ya que desde el enfoque académico, permite a los estudiantes generar la identificación de sectores empresariales en los cuales se puede aportar valor a la caracterización de un perfil de sostenibilidad dentro de los procesos de producción, para que estos sean amigables, generen un menor impacto hacia el medio ambiente y favorezcan la vinculación activa de las comunidades en pro del cambio climático.

1.3. Objetivo

Caracterizar el proceso de producción de mezclas asfálticas en la empresa SOFAN Ingeniería S.A.S para determinar su perfil de sostenibilidad.

2. ESTADO DEL ARTE

Este acápite revisa los antecedentes en relación con la sostenibilidad empresarial de la producción de mezclas asfálticas. Para hacerlo, se hace una revisión de literatura en las principales bases de datos académicas, como son: *Science Direct*, *Scopus* y *Redalyc*, atendiendo a las ecuaciones de búsqueda delimitadas por sus criterios tal como se indican en la tabla 1.

Resultado de ello, derivaron 448 en artículos, capítulos de libro y libros; de los cuales atendiendo a los criterios de inclusión como: pertinencia temática, delimitación contextual y disciplinar se eligieron 6 documentos que se presentan en detalle. Dentro de la investigación se establecieron como ecuaciones de búsqueda las siguientes:

Tabla 1 Consulta de bases de datos

Base de datos	Ecuaciones utilizadas en la Base de datos	Número de resultados
<i>Science Direct</i>	proceso AND (producción) AND "asfalto"	19
<i>Scopus</i>	sustainable AND production AND "asphalt mixes"	61
<i>Redalyc</i>	Características AND ((producción sostenible) AND "asfalto")	368

Fuente: Elaboración propia

En este apartado se abordan artículos relacionados con técnicas para el uso de materiales reciclados y el empleo de nuevas tecnologías mediante la vinculación de la sostenibilidad en los procesos de producción.

En la búsqueda de identificar mejores condiciones ambientales en la producción de mezclas asfálticas, Sánchez et al. (2011), considera el uso de aditivos y materiales reciclados, como una posibilidad para obtener datos que aportan a la disminución en consumo de energía y el grado de gases emitidos. Esta investigación evidencia mejoras a los cambios en las proporciones de materiales utilizados, con partes significativos en sostenibilidad, cuidado del ambiente y a la salud, sin afectar la calidad de los productos. Esto conlleva a su vez, reducción en los costos de producción.

En adición, Zaumanis et al. (2016), hace un estudio sobre la viabilidad del uso y costo de la producción de mezclas asfálticas que tienen como base el pavimento asfáltico recuperado (RAP). Tras realizar pruebas del producto sobre la cuantificación de los porcentajes de participación de los diferentes materiales, obtuvieron como resultado un producto

que cumple con una calidad pertinente, que generó un 35% menos de efectos ambientales con la reducción de insumos que contienen combustibles fósiles en sus procesos de producción. Cabe anotar que la mezcla asfáltica propuesta por los investigadores es producida e instalada en la ciudad de Nueva York.

Desde esta perspectiva, Rondón et al. (2017), evalúa el comportamiento de las mezclas asfálticas a través de diversas técnicas de producción, para establecer las características, composiciones y estructuras del producto final sostenible. Estos autores consideran que la modificación de las mezclas asfálticas en planta es viable, debido a la resistencia y calidad a menor temperatura con una menor contaminación, puesto que generan bajas emisiones atmosféricas de consumo y energías. Las pruebas con materiales les permitieron obtener productos de calidad con una disminución en los niveles de contaminación con una producción sostenible que permiten la reducción en los costos de fabricación.

Cabe anotar, que estos autores resaltan la importancia de emplear los ensayos Marshall para establecer la producción de mezclas asfálticas en el desarrollo de procesos de producción vial con una producción rápida y sencilla del asfalto amigable con el medio ambiente.

En cuanto a los materiales utilizados para fabricar mezclas asfálticas sostenibles, Wang et al. (2018), presenta un estudio sobre la reducción del consumo de energía y emisiones atmosféricas empleando el caucho en la producción de asfalto. Para esto, evalúan el consumo de energía y emisiones atmosféricas de en las mezclas asfálticas tradicionales en caliente frente a las mezclas modificadas con grano de caucho. Así mismo, establecen instrumentos y métodos de medición teniendo en cuenta materiales, temperaturas, emisiones y consumos de energía durante los procesos de producción e instalación de material. Esto permite obtener información acerca del consumo de energía y emisiones, y generar así, menores costos para mezclas asfálticas tibias de un

0,5% por tonelada métrica. Adicionalmente, los autores describen el esquema de estimación del ahorro energético y la información acerca de los cálculos efectuados para la identificación de sostenibilidad en el proceso de producción para la industria, el cual se tendrá en cuenta en esta investigación para la construcción del mapa de procesos para una producción más limpia.

Adicionalmente, con el fin de identificar tecnologías más limpias de producción de mezclas asfálticas Sol et al. (2016), presenta condiciones de producción de mezcla asfáltica tradicionales a temperaturas altas y usando la misma planta producción a una temperatura menor con algunas modificaciones en el proceso en cuanto a tiempos y aditivos. A través de su estudio permitió mostrar que la producción a menores temperaturas, generan menor consumo de energía y menores emisiones de CO₂. Considerando así que este tipo de mezclas se encuentran dentro de procesos de producción más limpia.

De otra parte, Freith y Duarte (2013), brindan información sobre factores que permiten la identificación y comercialización de productos sostenibles. Teniendo como fuente de información las experiencias de empresarios, donde resaltan el conocimiento del mercado, innovación de productos ambientales y barreras culturales. Teniendo como resultado que los factores contemplados a partir de la literatura coinciden con los compartidos por los empresarios y a los cuales se aportó la dimensión de dominio tecnológico.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 Teórico y conceptual

A continuación, se presenta la información concerniente a las teorías y conceptos para el desarrollo de esta investigación, en primera instancia se hace relación a las temáticas de desarrollo sostenible y luego, a la gestión de procesos de producción con los modelos que permiten dar cumplimiento al objetivo del proyecto.

3.1.1 Desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible ha tenido un constante estudio y evolución abordado desde las dimensiones ambiental, social y financiera. Estas permiten realizar el análisis del comportamiento del entorno para establecer los posibles problemas desde los recursos utilizados. Osma y Ordoñez. (2010).

Desde esa perspectiva, Contreras et al. (2017), identifica que el desarrollo sostenible busca establecer las necesidades a nivel mundial con el fin de controlar los impactos y disminuir las afectaciones a futuras generaciones.

Moller (2010), amplía los temas de sostenibilidad en relación con el uso progresivo de insumos, recursos naturales, y la generación de residuos que provocan un impacto en los diversos entornos ambientales, según la ubicación, residuo generado, y el ecosistema específico que afecta (en este caso la producción de asfalto sostenible).

En este marco, las Naciones Unidas (2023), consideran que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecen las medidas para la protección de las personas y el camino a la prosperidad. Cabe anotar, que en esta investigación se hace énfasis en los objetivos 12 y 13 con las especificaciones que se describen a continuación.

El objetivo 12, tiene el propósito de promover la producción y el consumo responsable en las industrias, incentivando la reutilización de materiales en las prácticas empresariales sostenibles. Una de sus metas incluye la gestión eficiente de los recursos naturales para la reducción de desechos mediante acciones preventivas y de reciclaje, con esto se espera mejorar las capacidades científicas y tecnológicas de las organizaciones, de acuerdo con los indicadores establecidos para este ODS.

El objetivo 13, se enfoca en la acción por el clima con metas relacionadas con la reducción de

emisiones atmosféricas y los efectos negativos producto del cambio climático.

De otra parte, se contemplan los estándares definidos por *Global Reporting Initiative (2024)*, el cual, aporta lineamientos para la medición de los impactos ambientales, encaminados a los diferentes aspectos o temáticas del desarrollo sostenible en las dimensiones ambiental, social y económica. En lo que refiere a esta investigación, se tendrán en cuenta los estándares vinculados con la producción de mezclas asfálticas, teniendo en cuenta los ODS 12 y 13 y las metas correspondientes, ver tabla 1.

Tabla 1
 Vinculación de las metas ODS a los estándares GRI

ODS	Metas de los ODS a tener en cuenta	Estándar GRI	Que Mide
12	Gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales	GRI 302	consumo de energía en la organización.
	Gestión responsable de productos y residuos químicos a lo largo del ciclo de vida.	GRI 306	residuos y Residuos no destinados a eliminación
	Reducción en la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.	GRI 305	las emisiones atmosféricas directas del proceso
13	Construir conocimiento y capacidad para enfrentar los desafíos del cambio climático, Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional.	GRI 413	Cronograma de programas de capacitación con la comunidad.

Nota. En aporte a los ODS se vincula el estándar a ser analizado y la medición de impacto ambiental.
 Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2 Gestión de procesos de producción

Para Cuatrecasas (2011), “la producción se define como una «actividad económica» de la empresa,

cuyo objetivo es la obtención de uno o más «productos o servicios», según actividad y tipo de producción para satisfacer las necesidades de los consumidores” (p. 13).

La Producción más limpia (PML): consiste en una estrategia ambiental integrada de carácter preventivo que se utiliza en los procesos, productos y servicios. Tiene el propósito de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. Incluye aspectos relacionados con la conservación de las materias primas, el agua y la energía, la reducción de las materias primas tóxicas (toxicidad y cantidad), emisiones y residuos, que van al entorno a la atmósfera. Ramírez Vargas, C. V. (2021).

Los procesos productivos se definen como el conjunto de actividades, dentro de las cuales se ingresan unos materiales o insumos, que luego son tratados y transformados; para la obtención de un producto. Wang et al, (2018).

3.1.3 Modelos teóricos empleados en el proyecto

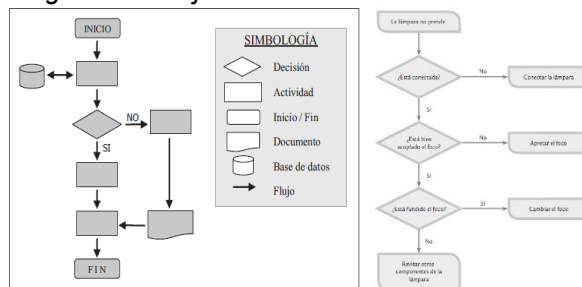
Teniendo en cuenta lo expuesto, a continuación, se describen los modelos empleados para el desarrollo de esta investigación, se iniciará con el modelo de procesos, luego se presentará el modelo de producción más limpia y finalmente, el módulo de sostenibilidad empresarial.

a) Modelo para el mapeo de procesos

Miranda (2006), plantea el modelo para el mapeo de procesos, definido como un diagrama de flujo de proceso que se detalla de acuerdo con el objetivo. Gutiérrez y De la Vara (2009), indica que, este es un sistema que permite la identificación y descripción de las actividades que a su vez define la metodología para orientar y redefinir los elementos de cada proceso, mediante la planeación e identificación de las entradas y salidas de los elementos que los componen. (ver figura 1)

Figura 1

Diagrama de flujo.



Nota. El gráfico expone los símbolos que representan las actividades de un proceso y un ejemplo. Tomado de Cuatrecasas (2011).

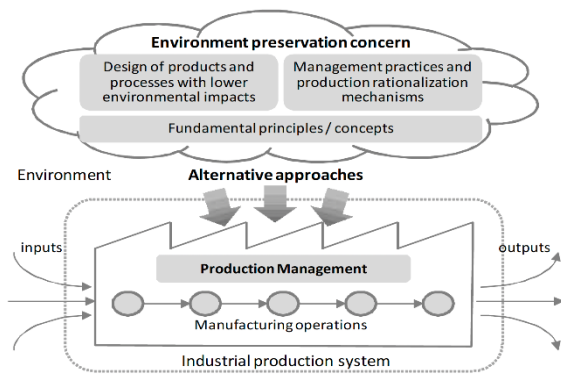
Este modelo es relevante para la investigación, puesto que se enfoca en la toma de decisiones en la empresa SOFAN ingeniería S.A.S. que pueden fortalecer la continuidad de su producción, llevándola a una secuencia establecida de modificación hacia un reproceso de materiales, o en la terminación del ciclo.

b) Modelo de producción más limpia

En términos ambientales Manzán y Miyake (2013), definen la producción más limpia como un grupo de técnicas preventivas que buscan la reducción de impactos.

Este modelo contempla un conjunto de actividades enfocadas a la reducción o eliminación de residuos y emisiones, interviniendo de forma directa al proceso a través de: mantenimiento, sustitución de materiales, cambio de tecnología, generación de subproductos y/o modificación de equipos, aportando a la optimización del proceso. Ver figura 2

Figura 2.
The domain of production planning and the structure of production models with environmental concerns.



Nota. El gráfico representa la vinculación de preocupaciones ambientales a procesos productivos. Tomado de Manzán y Miyake (2013).

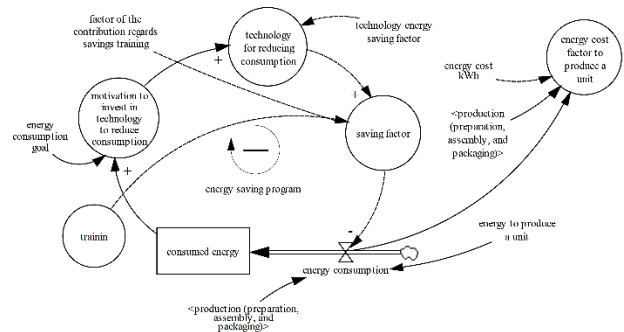
El modelo de Manzán y Miyake (2013), se emplea en la caracterización del proceso en la empresa SOFAN Ingeniería S.A.S para adecuar el despliegue de sus actividades, bajo los ODS y estándares relacionados con la producción sostenible de asfaltos.

c) Módulo de sostenibilidad empresarial

Valencia et al. (2018) plantea que el módulo de sostenibilidad está diseñado para una industria manufacturera e integra los siguientes factores (a) residuos sólidos: constituido por los desperdicios del producto terminado, (b) consumo energético: catalogado como la energía usada durante la producción, y (c) gestión del talento humano: integrado por actividades relacionadas con la motivación y el desempeño del trabajador, con indicadores para la medición de los impactos durante la producción. Ver figura 3

Figura 3

Sustainability module from the point of view of the energy saving component.



Nota. El gráfico representa un ciclo de evaluación de factores para medición y disminución de consumo energético. Tomado de Valencia et al. (2013).

Este módulo se aplica en el proyecto, para identificar dentro de los procesos industriales de la empresa objeto de estudio, los impactos ambientales relacionados con el consumo de energía y emisiones atmosféricas.

Una vez integrados los modelos, se vinculan los estándar GRI que lleva a medir los impactos relacionados a los ODS y sus metas teniendo en cuenta las temáticos seleccionados como se puede ver en la Tabla 1.

3.2 Marco Legal

Dentro del marco legal se contempla lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015), el cual en su Decreto 1076 de 2015, define las regulaciones, entidades, permisos y prohibiciones; Bajo las disposiciones jurídicas para el cuidado del ambiente en Colombia. Específicamente para la temática de este proyecto se tiene en cuenta la sección 5, estudio de impactos ambientales y en el Título 5, cuidado del Aire.

Así mismo, se cuenta con lo dispuesto por el Congreso de Colombia (2021), a través de la Ley 2169 de 2021, la cual impulsa las metas y medidas que apuntan al carbono neutro y la resiliencia climática. Es de tener en cuenta las disposiciones normativas establecidas para el sector de comercio, industria y turismo; así como, el sector de minas y energía.

Por otra parte, el Ministerio de transporte (2022), en la Resolución 4561 de 2022, adopta las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, es así como, en el capítulo 4, establece las características y condiciones de los pavimentos y mezclas asfálticas a tener en cuenta en el país.

Cabe anotar, que estas políticas permiten tener presente las proyecciones del gobierno para las industrias, en lo relacionado con los límites permitidos de consumo y emisiones en la búsqueda de garantizar al país un adecuado uso de los recursos naturales y así aportar en la mitigación del cambio climático.

a) El objeto de estudio

La empresa SOFAN Ingeniería S.A.S está contemplada como una Pyme, siendo una mediana empresa, que tiene como objeto social la producción de mezclas asfálticas en caliente y la atención de obras civiles. Fundada en 1987, cuenta con sedes en Montería (Córdoba) y Bogotá D.C., para esta última la planta de producción, inicio operaciones en el año 2020, en el municipio de Mosquera (Cundinamarca). Esta empresa, cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad en el que se establecen políticas ambientales para sus planes y programas de seguimiento de acuerdo a los requisitos legales, así como también, la política de calidad, la cual está relacionada con las especificaciones técnicas de cada producto y las necesidades propias de los clientes.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo se desarrolla bajo el enfoque cualitativo para la recolección y análisis de datos, mediante la comprensión de fenómenos sociales desde la perspectiva de los participantes (Hernández Sampieri et. Al., 2018).

A través de la consulta de fuentes bibliográficas relevantes y actuales, este enfoque permitió identificar los lineamientos claros y fundamentados

sobre las prácticas sostenibles para la producción de mezclas asfálticas.

Así mismo, este estudio adoptó la metodología de caso, para caracterizar la producción asfáltica y establecer su perfil sostenible, constituyéndose en una herramienta fundamental dentro de la investigación cualitativa, para la comprensión profunda y detallada de los fenómenos específicos que allí se producen.

Mediante el enfoque cualitativo y la metodología de estudio de caso, la presente investigación ofrece una perspectiva integral y detallada de la empresa SOFAN Ingeniería S.A.S, y su planta ubicada en Mosquera, con el fin examinar, cómo los procesos productivos se alinean con los conceptos y estándares del desarrollo sostenible.

Esto implica una evaluación detallada de sus operaciones, políticas y estrategias, para determinar cómo incorporan los principios de sostenibilidad en sus prácticas empresariales, en relación con el proceso productivo estudiado. De esta forma, el enfoque cualitativo facilita una interpretación contextualizada de los datos, permitiendo una comprensión más profunda de las dinámicas y desafíos que enfrenta dicho sector.

Con el propósito de garantizar la rigurosidad y la profundidad del análisis en este estudio, se utilizaron dos tipos de fuentes: primarias y secundarias. Con las primarias, se captó la perspectiva interna y actualizada sobre las actividades y prácticas de SOFAN Ingeniería S.A.S desde la información suministrada directamente por la empresa.

Para la recolección de datos internos de SOFAN Ingeniería S.A.S, se analizó la información de los documentos autorizados por la empresa, para comprender las políticas, estrategias y operaciones de la empresa desde la perspectiva de los involucrados, teniendo en cuenta las metas establecidas por los (ODS) de las Naciones Unidas y los indicadores de sostenibilidad de la GRI, enfocándose en la producción y el consumo responsable, así como en la acción por el clima."

Por otra parte, la revisión literaria de las fuentes secundarias, consistió en hacer un análisis detallado de los artículos académicos y de investigación relacionados con el tema abordado. Estas fuentes aportaron datos significativos en términos de información, conceptos y modelos a utilizar para el desarrollo del proyecto

El procedimiento adoptado fue el siguiente; primero se realizó el análisis del mapa de procesos con el modelo de Miranda (2006), para detallar la secuencia de actividades que ejecuta la empresa en su proceso productivo, a través de la elaboración de un diagrama de flujo el cual se representa mediante una figura, que permite identificar las actividades desarrolladas en la planta de producción de mezclas asfálticas de la empresa de SOFAN.

Luego, se presenta el modelo de producción más limpia de Manzán y Miyake (2013) que vincula las actividades y los estándares ambientales. Para esto, se elaboró una tabla que permitió establecer, el cumplimiento de las ocho características que integran el modelo con los procesos productivos de SOFAN. Finalmente, se integran las características y se presenta una tabla con el modelo aplicado a la empresa.

Seguidamente, se hace relación al módulo de sostenibilidad, a través de un gráfico que permite analizar los factores sostenibles en la empresa objeto de estudio. Para esto se tienen en cuenta, las salidas del proceso y los datos obtenidos para la medición de los impactos expuestos por Valencia et al. (2018) – (ver figura 3 en el marco referencial).

Posteriormente, se efectúa el análisis de los ODS y los estándares GRI para establecer el perfil sostenible del proceso productivo de SOFAN. Para esto, se empleó una tabla que integra los impactos del módulo sostenible de Valencia (2018), con el estándar GRI correspondientes y así medir los impactos en los ODS analizados en el proyecto.

Finalmente, se procede a la integración de modelos, que permite detallar las actividades realizadas por la

empresa con sus características de sostenibilidad, expresados mediante un diagrama de proceso. Estos reflejan dos tipos de actividades: las naturales de la producción de SOFAN Ingeniería S.A.S y las actividades que se van integrando para obtener la salida del producto final junto con los indicadores de sostenibilidad.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Introducción a los Resultados:

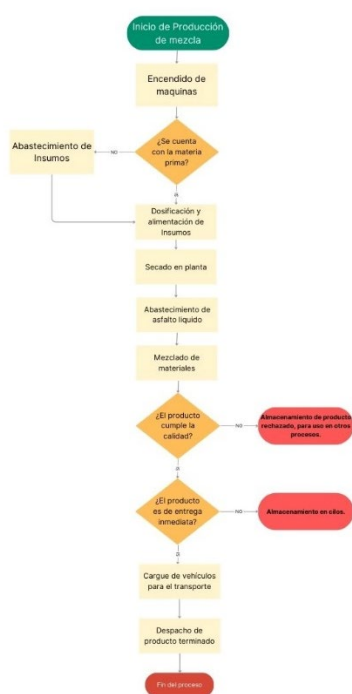
A continuación, se presentan: modelo mapa de procesos, producción más limpia, modulo sostenible y análisis de los ODS y estándares GRI.

a) Análisis del modelo de mapa de procesos

En el modelo de mapa de procesos, se presenta un diagrama de flujo que identifica la secuencia de actividades desarrolladas en la planta de producción de mezclas asfálticas de la empresa del caso de estudio. (Ver Figura 1)

Figura 4

Diagrama de flujo proceso producción asfáltica en SOFAN Ingeniería S.A.S.



Nota. La figura representa desarrollo de actividades del proceso de producción de mezcla asfáltica donde se identifica la calidad del producto y la optimización de los residuos. Fuente: Elaboración Propia.

En este caso, no se detalla el cumplimiento de las actividades con perfil sostenible, ya que se trata del estado actual de desarrollo de la operación natural del proceso productivo.

b) Análisis del modelo de producción más limpia

Para los efectos del modelo, se elaboró una tabla con las ocho características, con el fin de establecer si efectivamente la empresa las cumple en su proceso productivo.

Tabla 2

Relación de cumplimiento de características de producción más limpia en SOFAN Ingeniería S.A.S.

CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	DETALLE DE CUMPLIMIENTO
1. BUENA MANTENIMIENTO EN CASA	CUMPLE. La empresa cuenta con un plan de mantenimiento, dentro del cual tiene establecidas inspecciones con periodicidad diaria y cuenta con stock de repuesto para atender de inmediato las novedades detectadas.
2. CAMBIO DE MATERIAL DE ENTRADA	NO CUMPLE
3. MEJOR CONTROL DE PROCESOS	CUMPLE. La empresa cuenta con un plan de mantenimiento, dentro del cual tiene establecidas inspecciones con periodicidad diaria y cuenta con stock de repuesto para atender de inmediato las novedades detectadas.
4. MODIFICACIÓN DE EQUIPOS	NO CUMPLE
5. CAMBIO DE TECNOLOGÍA	CUMPLE. Las plantas de producción de mezclas asfálticas funcionan con una caldera para su proceso. En el caso de la planta de SOFAN Ingeniería este cuenta con un sistema de calentamiento eléctrico.
6. RECUPERACIÓN/REUTILIZACIÓN IN SITU	CUMPLE. El material rechazado de producción por condiciones de calidad, es utilizado en otros productos como lo es el estabilizado el cual es comercializados por la empresa.
7. PRODUCCIÓN DE SUBPRODUCTOS ÚTILES	NO CUMPLE
8. MODIFICACIÓN DEL PRODUCTO	NO CUMPLE

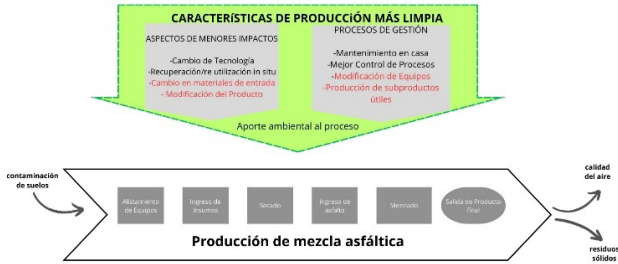
Nota. Representa el análisis de las características del modelo y detalla el argumento del cumplimiento en los casos que aplica. Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla anterior, dentro del proceso de producción de mezclas asfálticas, la empresa SOFAN Ingeniería S.A.S., cumple con cuatro de las características del modelo, que a su vez contemplan aspectos ambientales como: calidad del aire, contaminación de suelos y residuos sólidos.

Adicionalmente, se presenta la clasificación de las características del modelo desde dos grupos: aspectos de menores impactos y procesos de gestión, los cuales permiten la identificación de condiciones ambientales que se vinculan al proceso de producción de la empresa.

Figura 5

Vinculación de características de producción más limpia.



Nota. Aporte de las características de producción más limpia al proceso de producción. Fuente: Elaboración Propia.

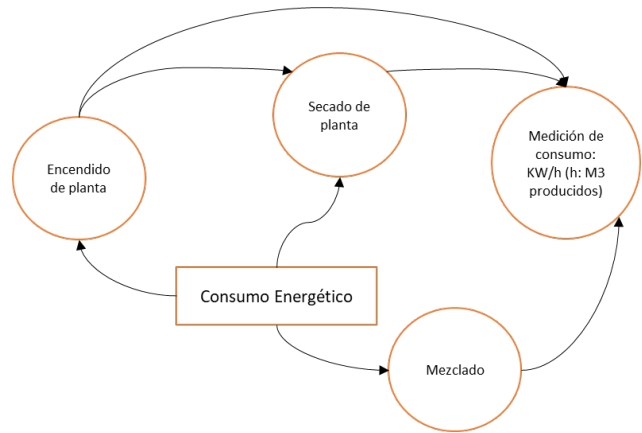
De la representación anterior, se obtiene que, al realizar la clasificación de las características del modelo, se produce la identificación de aspectos ambientales, como la contaminación de suelos entrante al proceso de manera negativa, la cual tiene origen en el mantenimiento o posibles fallas en la producción. De otro lado, se pueden contemplar como positivos el cuidado en la calidad del aire, debido a la reducción de las emisiones; así como los residuos sólidos, resultado de un producto no conforme, los cuales son dispuestos para un reproceso que evitan el desperdicio de material.

c) Análisis del Módulo de sostenibilidad

Siguiendo con la información analizada para el módulo de sostenibilidad de Valencia et al. (2018). Se relaciona gráficamente como las actividades claves del proceso de producción: encendido de planta, secado en planta y mezclado; generan un consumo energético.

Figura 6

Enlace consumo energético.



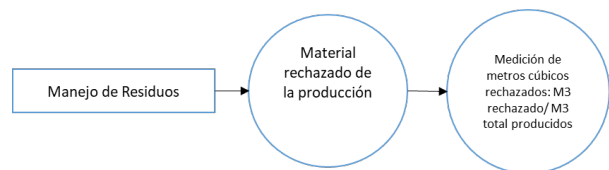
Nota. Análisis de las fuentes de consumo de energía aplicado a proceso producción SOFAN. Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado del análisis del sistema que aparece en la figura 6, se genera un indicador que permite medir el consumo energético en el proceso de producción gracias a los datos obtenidos, los cuales están representados en kw/h para las actividades definidas como fuente de consumo.

Por otra parte, se realiza el análisis del origen de los residuos sólidos dentro de las diferentes actividades del proceso productivo como se muestra en la siguiente figura:

Figura 7

Fuente de generación de residuos sólidos.



Nota. Análisis de las fuentes de generación de residuos sólidos aplicado a proceso producción SOFAN. Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos permiten observar que los residuos generados como material rechazado de la producción, pueden ser medidos a través de un indicador, el cual es determinado por la ecuación: metros cúbicos rechazados / metros cúbicos total producidos.

d) Análisis de ODS y estándares GRI

Este análisis nos permite llevar la investigación a un perfil sostenible del proceso productivo. A través de los indicadores de consumo energético y residuos sólidos resultantes del módulo sostenible, que a su vez, se vinculan con los estándares GRI en cumplimiento de las metas de los ODS 12 y 13 como se contempló en la tabla 1 (ver marco teórico).

Tabla 3
Enlace indicadores y metas de ODS

INDICADOR	ESTANDAR GRI	ODS	META DE ODS
Medición de consumo energético	GRI 302	12	- Gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales - Gestión responsable de productos y residuos químicos a lo largo del ciclo de vida. - Reducción en la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.
Medición de residuos sólidos	GRI 306		
Emisiones atmosféricas	GRI 305		
Capacitaciones de cambio climático	GRI 413	13	- Construir conocimiento y capacidad para enfrentar los desafíos del cambio climático

Nota. Aporte de los indicadores que encaminan la sostenibilidad del proceso producción en SOFAN. Fuente: Elaboración Propia

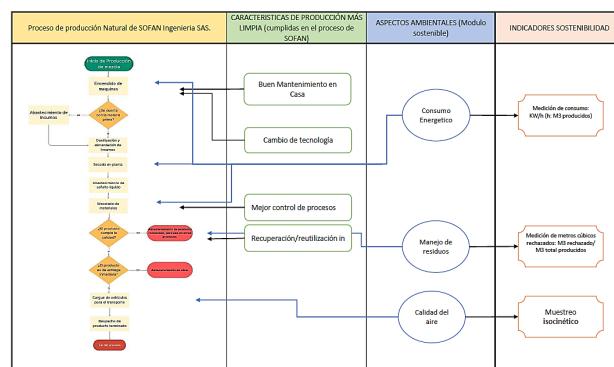
De acuerdo a los indicadores formulados con el objetivo de obtener un proceso sostenible en SOFAN Ingeniería S.A.S, y teniendo como referencia los ODS y los estándares GRI, los resultados de las mediciones realizadas permiten determinar que la compañía cumple en temas de consumo energético, residuos sólidos y emisiones atmosféricas, dado que las estadísticas de producción que la empresa genera permiten evaluar y caracterizar estos indicadores. Por el contrario, el indicador de capacitaciones no se puede tomar como referente, puesto que actualmente no se cuenta con información sobre el desarrollo de estas actividades.

5.1.2. Integración de modelos

Para la integración de los modelos tenidos en cuenta en este artículo, se tuvo como base la identificación de las actividades del proceso de producción actual de SOFAN Ingeniería S.A.S, mediante un diagrama de flujo, se enlazan las características que el modelo de producción más limpia contempla en actividades del proceso, así mismo, se representa en detalle los pasos de la producción donde se obtienen los datos del módulo sostenible que se vinculan mediante indicadores a información relacionada a los estándares GRI para aporte a las metas de los ODS.

Figura 8.

Integración de aportes por modelos.



Nota. La figura muestra la integración del proceso actual con el detalle de actividades de producción más limpia que encaminan a la sostenibilidad en la empresa estudiada. Fuente: Elaboración Propia.

Para la interacción del proceso del módulo de sostenibilidad, se hace necesaria la formulación de indicadores como se detalla en las figuras 6 y 7, ya que la empresa aún no cuenta con ningún tipo de indicador implementado que permita evaluar los impactos, teniendo actividades que actualmente generan y aportan datos acerca del consumo de energía por capacidad producida, así como, el material rechazado en relación al total producido. Es por ello que, al ser implementados estos indicadores, favorecerán la toma de decisiones en lo relacionado con la disminución de impactos ambientales.

5.2. Discusión de los Resultados:

Al considerar la integración de teorías, modelos y actividades específicas de la empresa en estudio, se identificaron puntos clave dentro del proceso donde dichas actividades contribuyen a la sostenibilidad. Un ejemplo de esto se puede evidenciar en el uso de insumos basados en materiales reciclados y el aprovechamiento eficiente de residuos. Sin embargo, se observó la falta de cumplimiento en otros factores significativos, como la gestión del talento humano, que es esencial para el desarrollo sostenible.

Considerando las contribuciones obtenidas de la revisión literaria, se observa que autores como Sánchez et al. (2011), resaltan la utilidad de los aditivos para reducir las emisiones atmosféricas. En línea con esta perspectiva, el presente estudio destaca la aplicación de aditivos en la operación del tambor secador como una estrategia eficaz para alcanzar objetivos similares. De esta manera, se puede afirmar que las investigaciones existentes están en sintonía con las actividades emprendidas en el caso de estudio.

Siguiendo el enfoque de Zaumanis et al. (2016), la empresa objeto de estudio, también incorpora el material de pavimento asfáltico recuperado (RAP) como un insumo clave para la fabricación de nuevos productos. Esta práctica tiene un impacto positivo en términos de reutilización de materiales, alineándose con las estrategias de sostenibilidad que promueven la economía circular y la reducción de residuos.

A diferencia del estudio de Sol et al. (2016), quienes se enfocaron en reducir las emisiones mediante modificaciones en las temperaturas y el tiempo de procesamiento del material, la empresa SOFAN Ingeniería S.A.S. no sigue estas mismas estrategias de producción. En este contexto, se recomienda a esta empresa, evaluar la técnica utilizada en este estudio considerando su alineación con las prácticas de producción más limpia y sostenible.

Es de resaltar la contribución de Miranda (2006), y Gutiérrez y De la Vara (2009), cuyo modelo de mapa de procesos aportó una fuente primaria de identificación de actividades, las cuales tomaron un

cuerpo flexible para la integración de otros modelos con un aporte significativo a la empresa objeto de estudio, específicamente en el reconocimiento gráfico de sus buenas prácticas y mejoras a realizar.

Según Manzán y Miyake (2013), el cumplimiento de cuatro características esenciales en el modelo de producción más limpia es indicativo de una ruta de producción eficiente. En los casos donde estas características no se cumplen, se identifican como áreas con deficiencias que requieren mejoras. Esto permite a las empresas reconocer y abordar oportunidades clave para optimizar sus procesos de producción.

Teniendo en cuenta los hallazgos del estudio, y la base de información literaria seleccionada, permiten sugerir la integración de más actividades como sustitución de materiales y cambios de temperaturas que aporten a la disminución de emisiones atmosféricas.

Cabe resaltar que, desde esta investigación se permite aportar a los modelos tenidos en cuenta, con la contribución de una nueva perspectiva de integración entre modelos analizados, apuntando al crecimiento de estructuras de identificación de procesos sostenibles en empresas similares a SOFAN Ingeniería S.A.S.

Finalmente, SOFAN Ingeniería S.A.S. se perfila como una empresa en camino hacia la sostenibilidad. A partir de esta investigación, se recomienda que la empresa fortalezca su enfoque sostenible implementando o integrando los indicadores analizados aquí. Específicamente, se sugiere prestar atención a las características de producción más limpia que actualmente no se están cumpliendo dentro de sus procesos. La revisión literaria realizada ofrece técnicas y materiales óptimos que podrían ser cruciales para alcanzar estos estándares de producción más limpia.

6. CONCLUSIONES

Se evidencia que, la importancia de la inclusión de actividades y materiales amigables con el ambiente a sus procedimientos, representan un avance

proporcionalmente sostenible a las industrias como aporte a la disminución de impactos.

Cuando una empresa no utiliza productos de origen residual de otros procesos, no es posible encaminar una empresa a la sostenibilidad, puesto que la inclusión de materiales reutilizables, puede generar un aporte a la reducción de extracciones mineras y así, impactar de manera positiva en la acción por el cambio climático.

Teniendo en cuenta la integración de teorías, modelos y actividades de la empresa de estudio. Se encuentra información relevante de actividades que aportan a la sostenibilidad como por ejemplo insumos a base de materiales reciclados y el aprovechamiento de residuos, así mismo se evidencia que no se contemplan implementación de tecnologías que lleven a nuevos productos con menores emisiones atmosféricas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial. (2022). *Colombia lidera el camino hacia la sostenibilidad en América Latina*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/08/31/colombia-leading-the-path-to-sustainability-in-latin-america>

Decreto 1076 de 2015. (2015, 26 de Mayo) Ministerio de Ambiente y desarrollos sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Ley 2169 de 2021. (2021, 22 de diciembre) Congreso de la República. Diario oficial No 51.986. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2169_2021.html

Resolución 4561 de 2022. (2022, 29 de noviembre) Ministerio de Transporte. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento->

[tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras](https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras)

Sanchez Alonso Elsa, Castro Fresno Daniel, Vega Zamanillo Angel, RodriguezHernandez Jorge, (2011). Sustainable asphalt mixes: use of additives and recycled materials. *The baltic journal of road and bridge engineering*, 6(4), 249-257. <https://bjrbe-journals.rtu.lv/article/view/bjrbe.2011.32>

Zaumanis M, Mallick R, Frank R, 100% hot mix asphalt recycling: challenges and benefits, (2016). *Transportation Research Procedia* 14 3493 – 3502. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.315>

Méndez Espinosa J. F., Pinto Herrera L. C., Galvis Remolina B. R., Pachón J.E., (2017). Estimación de factores de emisión de material particulado resuspendido antes, durante y después de la pavimentación de una vía en Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27 (1), pp. 43-60, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1797>

Rondón Quintana H, León Vergara O, Fernández Gómez W, (2017). Comportamiento de una mezcla asfáltica tibia fabricada en una planta de asfalto. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 153-173. <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/8252/8947>

Wang Q, Chen Z, Lin K, Wang C, (2018). Estimation and Analysis of Energy Conservation and Emissions Reduction Effects of Warm-Mix Crumb Rubber-Modified Asphalts during Construction Period. *Sustainability (Switzerland)*, 10(12). <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4521>

Sol Sanchez, M., Moreno-Navarro, F., García-Travé, G., Rubio-Gámez, M.C., (2016). Analysing industrial manufacturing in-plant and in-service performance of asphalt mixtures

- cleaner technologies. *Journal of Cleaner Production*, 121, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.046>
- Fleith de Medeiros, J., & Duarte Ribeiro, J.L., (2013). Market success factors of sustainable products, *Independent Journal of Management & Production* 4(1) 188-207. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449544337013>
- Hoyos Oscar, Castro Duque Mauricio, Toro Leon Natalia, Trejos Salazar Damiano, Montoya Restrepo Luz Alexandra, Montoya Restrepo Ivan Alonso, Duque Pedro, (2023). Gobierno corporativo y desarrollo sostenible: un análisis bibliométrico, *Revista CEA* 9(19) 2190. <https://doi.org/10.22430/24223182.2190>
- Contreras Pacheco Orlando E, Pedraza Avellaneda Aura Cecilia, Martínez Pérez Mauricio José, (2017). La inversión de impacto como medio de impulso al desarrollo sostenible: una aproximación multicaso a nivel de empresa en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 33, 13–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2017.02.02>
- Osma Pinto German Alfonso, Ordoñez Plata Gabriel (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. *Revista UIS Ingenierías*, 9(1), 103-121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553756877008>
- Manzan Ronaldo, Miyake Dario Ikuo (2013). A Study on Alternative Approaches to Instill Environmental Concerns in the Domain of Production Management of Industrial Firms. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(3), 198-207. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84728717018>
- Moller, R., (2010). PRINCIPIOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE PARA AMÉRICA LATINA. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (9), 101-110. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116434012>
- Valencia-Rodríguez, O., Olivar-Tost, G., Redondo, J., (2018). Modeling a productive system incorporating elements of business sustainability. *DYNA*, (207), 113-122. DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.71209>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2023, 29 de noviembre). *Permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas*. <https://www.car.gov.co/vercontenido/1188#>
- Naciones Unidas. (2023). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011) *ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DIRECCIÓN DE OPERACIONES Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Miranda Rivera, L. (2006) *SEIS SIGMA: GUIA PARA PRINCIPIANTES*. Panorama Editorial, S.A.
- KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., MALHOTRA, M., (2008) *Administración de operaciones (McGraw Hill)*, Trad 8ª ed.). PEARSON EDUCACIÓN.
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R., (2009) *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Global Reporting Initiative[GRI]. (2024). *About GRI*.
<https://www.globalreporting.org/about-gri/>

Hernandez Sampieri, R., (2014) *Metodología de la investigación sexta edición*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Ramírez Vargas, C. V. (2021) *Caracterización de la economía circular en el sector de la construcción mediante su análisis e implementación en la ciudad de Bogotá - Colombia*. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres.
<https://hdl.handle.net/20.500.11839/8474>

Olces, A., Rodriguez, M.A., Alfaro, A, (2008) *Manual de la empresa responsable y sostenible: conceptos, ejemplos y herramientas de la Responsabilidad Social Corporativa o de la Empresa*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Global Reporting Initiative (GRI) y el Pacto Mundial de las Naciones Unidas. (2019). *Integrando los ODS en los informes corporativos: una guía práctica*.
<https://www.pactomundial.org/biblioteca/integrando-los-ods-en-los-informes-corporativos-una-guia-practica/>

Global Reporting Initiative[GRI]. (2022). *Linking the SDGs and the GRI Standards*.
<https://www.globalreporting.org/search/?query=Linking+the+SDGs+and+the+GRI+Standards>

Global Reporting Initiative[GRI]. (2018) *Examples of Corporate Reporting Practices*. [GRI - Reporting in practice \(globalreporting.org\)](https://www.globalreporting.org/Reporting-in-practice)