

**Compilación de Normas Medioambientales que Regulan la Logística Verde en las
Empresas Productoras de Bioetanol Colombianas**

Luz Estefani Camacho Albadan y Julián Andrés Valderrama Higuera

Director Msc. Ing. Julio Cesar González Silva

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Especialización En Gerencia De Procesos Logísticos En Redes De Valor

21 de enero 2023

Resumen

El incremento en la producción de bioetanol se debe a las bondades que brinda su uso y su estrecha relación en pro a mejorar el medio ambiente. Sin embargo, esa misma producción en crecimiento ha generado que como cualquier otro tipo de industria necesite ser regulada ya que de uno u otro modo sus procesos logísticos afectan directa o indirectamente al medio ambiente. Por tanto, se establece una oportunidad de aprendizaje en este trabajo donde se encuentra como eje principal los principios de logística verde y alrededor de estos se hallan las normativas que regulan los procesos logísticos en la elaboración del etanol. Para reseñar la normatividad que está regulada bajo principios de logística verde, se analiza y muestra evidencia de los puntos críticos de 3 procesos logísticos (Aprovisionamiento, producción y distribución física), de acuerdo con los insumos directos más importantes para elaborar el etanol y que pueden generar salidas que impactan al medio ambiente. Los resultados del estudio son de los puntos críticos encontrados que afecten al medio ambiente, de acuerdo con esto se busca la normatividad que regule bajo principios de logística verde.

Palabras claves: etanol, proceso logístico, logística verde, punto crítico, normatividad.

Abstract

The increase in bioethanol production is due to the benefits provided by its use and its close relationship in favor of improving the environment. However, that same growing production has generated that, like any other type of industry, it needs to be regulated since in one way or another its logistics processes directly or indirectly affect the environment. Therefore, a learning opportunity is established in this work where the principles of green logistics are found as the main axis and around these are the regulations that regulate the logistics processes in the production of ethanol. In order to review the regulations that are regulated under green logistics principles, evidence of the critical points of 3 logistics processes (Supply, production and physical distribution) is analyzed and shown, according to the most important direct inputs to produce ethanol and that can generate outputs that impact the environment. The results of the study are of the critical points found that affect the environment, according to this, the regulations that regulate under the principles of green logistics are sought.

Keywords: ethanol, logistics process, green logistics, critical point, regulations.

Índice General

Introducción	7
Problema	12
Pregunta Problemática	14
Justificación.....	15
Objetivos	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Conceptual.....	17
Logística y Cadena de Suministro	17
Procesos Logístico	17
La Cadena de Suministros	19
Sostenibilidad.....	20
Fuentes de contaminación.....	20
Gases Efecto Invernadero (GEI).....	21
Logística Verde.....	22
Componentes de la Logística Verde	23
Objetivos de la Logística Verde.....	24
Principios de la logística verde	25
Biocombustibles.....	25
Definición	25

Tipos de biocombustibles	25
Etanol	28
Métodos de apoyo a la investigación	38
Punto Crítico de Control (PCC).....	38
Método RAPDTt.....	39
Marco Referencial.....	41
Empresas productoras de etanol.....	41
Marco normativo	46
Metodología	49
Tipo de investigación	49
Fases de la investigación.....	49
Identificar los puntos críticos de los procesos logísticos que requieren potenciales condiciones de manejo regulatorio ambiental para la elaboración del etanol.	49
Reconocer las normas que aplican a las condiciones de manejo regulatorio ambiental en los puntos críticos presentes en la elaboración del etanol y que aportan al cumplimiento de los criterios de logística verde.....	49
Ordenar las normas identificadas, usando una metodología de trabajo bibliográfico, que facilite su posterior revisión y acceso.	49
Resultados.....	50
Fase 1. Puntos críticos.....	50
Fase 2. Normatividad	67

Fase 3. Ordenar normatividad.....	76
Conclusiones	79
Bibliografía	81
Anexos	94
Anexo 1.....	94
Anexo 2.....	104
Anexo 3.....	116
Anexo 4.....	127
Resumen Analítico Especializado – RAE.....	127

Lista de tablas

Tabla 1.	Propiedades del etanol	37
Tabla 2.	Criterios Medio Ambientales vs Logística Verde.....	51
Tabla 3.	Análisis Pareto de insumos en producción de Etanol, 2022.	53
Tabla 4.	Principales insumos para elaborar etanol y sus fichas de seguridad, 2022. ..	55
Tabla 5.	Análisis de flujo logístico para caña de azúcar, 2022.....	57
Tabla 6.	Análisis de flujo logístico para gasolina, 2022.....	59
Tabla 7.	Análisis flujo logístico en producción de etanol, 2022.	61
Tabla 8.	Flujo Logístico para la distribución física de etanol, 2022.	63
Tabla 9.	Tabla resumen de puntos críticos identificados en la elaboración de etanol, 2022.	67
Tabla 10.	Puntos críticos en el proceso logístico de aprovisionamiento del etanol y normatividad aplicada, 2022.....	69
Tabla 11.	Puntos críticos en el proceso logístico de producción del etanol y normatividad aplicada, 2022.....	71
Tabla 12.	Puntos críticos en el proceso logístico de distribución física del etanol y normatividad aplicada, 2022.....	73
Tabla 13.	Normatividad que aplica a las condiciones de manejo regulatorio ambiental en los puntos críticos presentes en la elaboración del etanol, 2022.....	74
Tabla 14.	Normatividad aplicada al proceso logístico del Etanol.....	77
Tabla 15.	Análisis de Flujo Logístico soda caustica, 2022.	94
Tabla 16.	Análisis de flujo logístico para hidróxido de calcio, 2022.....	96
Tabla 17.	Análisis de flujo logístico ácido Sulfúrico, 2022.....	98

Tabla 18.	Análisis de flujo logístico de urea, 2022.....	100
Tabla 19.	Análisis de flujo logístico ácido fosfórico, 2022.	102
Tabla 20.	Puntos críticos en el proceso logístico de aprovisionamiento del etanol y normatividad aplicada, 2022.....	104
Tabla 21.	Puntos críticos en el proceso logístico de producción del etanol y normatividad aplicada, 2022.....	107
Tabla 22.	Puntos críticos en el proceso logístico de distribución física del etanol y normatividad aplicada, 2022.....	114
Tabla 23.	Normatividad aplicada al proceso logístico del Etanol.....	116

Lista de figuras

Figura 1.	Macroprocesos de la logística, 2022.	18
Figura 2.	Etapas proceso productivo del Etanol, 2022.	32
Figura 3.	Relación Pareto de insumos secundarios para el Etanol, 2022.	54
Figura 4.	Flujo Logístico de la caña, 2022.	58
Figura 5.	Flujo Logístico de la gasolina, 2022.	60
Figura 6.	Flujo Logístico para la producción del Etanol, 2022.....	62
Figura 7.	Flujo Logístico para la distribución física del Etanol, 2022.....	64
Figura 8.	Diagrama general del flujo logístico con los procesos logísticos en elaboración de etanol, 2022.	66
Figura 9.	Flujo Logístico de la Soda Cautica, 2022.....	95
Figura 10.	Flujo Logístico de hidróxido de calcio, 2022.....	97
Figura 11.	Flujo Logístico del Ácido sulfúrico,2022.....	99
Figura 12.	Flujo Logístico de la Urea, 2022.....	101
Figura 13.	Flujo Logístico del Ácido fosfórico, 2022.	103

Introducción

El desarrollo sostenible está encaminado a alcanzar niveles de productividad, logrando una mejor calidad de vida de las personas, al simultáneamente recuperar y proteger los recursos naturales, para satisfacer las necesidades de la generación actual sin comprometer las futuras (Anna M. Gil-Lafuente, 2011, pag 1-2). Esto se aplica para todas las industrias, debido a los problemas ambientales que causan preocupación crítica en todo el mundo, causando en las organizaciones mayor protagonismo en el desarrollo de operaciones amigables, responsables y equilibradas con el medio ambiente, que proporcionen valor en sus procesos y productos.

La logística verde fortalece los pilares de la sostenibilidad de acuerdo con la relación equilibrada entre economía, sociedad y medio ambiente, al aplicarse en plantas de alcohol carburante se agrega mayor valor a este producto final, destacado ya por ser una estrategia que compromete la conservación para el futuro con energías renovables. Con el apoyo de la logística verde se diseñan estrategias que fortalecen los procesos de elaboración del etanol aumentando los índices de efectividad, dejando beneficios ambientales y económicos al optimizar cada proceso que requiera mayor consumo de recursos. Esto a su vez, se ve reflejado en crecimiento empresarial que proporciona fuentes de empleo y mejor condición de vida de las personas.

En Colombia se han venido reglamentando normas y leyes enfocadas en hacer cumplir los principios de la sostenibilidad aprovechando la logística verde, estas reglamentaciones buscan que el proceso de producir etanol carburante ocasione el menor impacto ambiental y que, a su vez no represente afectaciones a las empresas de este gremio. Los biocombustibles como el etanol surgen como fuente potencial de energía renovable, siendo esta una de las razones para que la industria del etanol tenga procesos sostenibles y busque los más altos estándares de

cumplimiento normativo que la acrediten como una de las mejores estrategias para la generación de energías renovables.

Problema

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el desarrollo sostenible establece un proceso de mejora económica y social que satisface las necesidades y valores de todos los grupos interesados, manteniendo opciones futuras, conservando los recursos naturales.

Actualmente hay una creciente preocupación por garantizar una gestión sostenible dentro de las organizaciones debido al aumento negativo del impacto ambiental que se está generando (Abu Seman, et al., 2012), es un tema que preocupa a gran parte de la industria mundial. La ONU mediante el Acuerdo de París estableció metas concretas para poder empezar a controlar el cambio climático entregando así a los estados y las industrias el gran protagonismo, puesto que son ellos, en las diferentes regiones del mundo quienes tienen el poder de elaborar y generar controles medioambientales para poder disminuir la emisión de gases efecto invernadero (GEI).

En este sentido el sector industrial, para garantizar su desarrollo sostenible debe perseguir el equilibrio entre economía, sociedad y medio ambiente. La necesidad de impulsar el desarrollo económico de manera sostenible es un reto para las empresas privadas y las instituciones gubernamentales, que en los últimos años han estado buscando soluciones a través de protocolos, convenios y acuerdos, que han sido pactados en varias cumbres internacionales, así mismo, con la creación de guías, normas, sistemas de certificación, códigos de conducta y principios éticos han proporcionado a la empresa un amplio debate acerca de las herramientas de gestión que se utilizarán para velar por la planificación del desarrollo sostenible (Gil & Barcellos, 2010, pág. 1).

La industria de los biocombustibles se establece como una solución para disminuir las emisiones de GEI y de igual forma que las otras industrias, esta debe garantizar el cumplimiento de la sostenibilidad. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el

2008 generó una publicación donde se reconocen las bondades de los biocombustibles para suplir el petróleo y los combustibles fósiles, sin embargo, también se establece la preocupación y hacen un llamado a que los países generen una agenda política para que el surgimiento de esta industria de los biocombustibles no afecte y se vea reflejado en avance simultáneo en crecimiento económico, protección del patrimonio natural y en equidad social (CEPAL, 2008) .

Dentro de los biocombustibles más usados en la última década, encontramos el bioetanol o etanol; este ha surgido de forma rápida en varios países del mundo¹ y durante los últimos años ha incrementado su producción como energía renovable. Razón por la cual, este crecimiento implica direccionar todos los procesos logísticos en la elaboración de etanol a cumplir los principios de sostenibilidad, evaluando así los efectos futuros más representativos al medio ambiente.

Los criterios de calidad que rodean los procesos sostenibles de cualquier industria se basan en normas y procedimientos ajustados al tipo de producto, resultado de su labor. Siendo los procesos logísticos, labores fundamentales que aportan a ese desarrollo y conscientes de su influencia en la afectación de condiciones medioambientales de la industria, no es fácil encontrar un compendio de normas en un solo documento, que permita reconocer los parámetros que centren su planeación y ejecución dentro del marco de logística verde.

Al usar la llave de búsqueda “normas de manejo medioambiental en procesos logísticos en la elaboración del etanol” aparecen una cantidad amplia de documentos que aportan a la investigación, sin embargo, no se encuentra una metodología de estudio en donde se represente la normatividad para optimizar los procesos logísticos que en este momento pueden afectar a los principios de la sostenibilidad.

¹ Estados Unidos, Brasil, Colombia, Canadá, China, y Tailandia.

De acuerdo a esta incertidumbre generada por parte de esta industria y en búsqueda de aportar para que su actividad económica prevalezca y cumpla con el desarrollo sostenible, se decide emprender esta investigación con apoyo bibliográfico y normativa nacional e internacional que esté vinculada a esta industria, evaluando con criterios medioambientales los procesos logísticos para elaborar etanol, esto en consecuencia permite conocer los procesos, sus dificultades y encontrar como optimizarlos con apoyo de la normatividad, de esta forma se crea un modelo para las futuras empresas productoras de etanol en Colombia.

Pregunta Problemática

¿Cuál es el conjunto de normas medioambientales que regulan los procesos logísticos de las empresas colombianas productoras de etanol y aportan al cumplimiento de los principios que propone la logística verde?

Justificación

La industria del etanol es símbolo de una nueva era de oportunidades para las energías de origen renovables, y una estrategia para reemplazar los combustibles fósiles. Al ser una industria que se involucra directamente con el aprovechamiento de recursos naturales, se crean preocupaciones por el equilibrio ambiental; principalmente por las emisiones GEI, uso y calidad de recursos hídricos, degradación del suelo y pérdida de la biodiversidad. Se suma a esto el factor social, preocupado la divergencia entre la rentabilidad privada y los beneficios sociales que se obtendrían de la expansión de los biocombustibles. Esto no significa que todos los efectos sean negativos, y principalmente en comparación con el efecto tan desequilibrado que están dejando los combustibles fósiles en el mundo. Dada la demanda de energía del sector transporte hace que los biocombustibles sean importantes para el desarrollo de sistemas de transporte sostenibles y de ahí su articulación a la solución de problemas globales, tales como el agotamiento del petróleo y el aumento de emisiones GEI

Las empresas productoras de etanol tienen el reto de elaborar etanol bajo principios de sostenibilidad, para alcanzarlo deben involucrar criterios medioambientales que permita medir su proceso logístico y junto con el apoyo normativo optimizarlo (Glenister, 2011).

Según la problemática planteada, se tiene incertidumbre sobre los efectos de la producción de etanol para el futuro de los recursos naturales. Con el fin de aportar a las empresas productoras de bioetanol colombianas en su búsqueda por la sostenibilidad, mediante esta investigación se pretende evaluar los procesos logísticos para la elaboración del etanol bajo criterios medioambientales e identificar toda la normatividad aplicada que permita optimizar sus procesos y encaminarlas hacia el desarrollo sostenible, creando un modelo para las futuras empresas productoras de etanol colombianas.

Objetivos

Objetivo general:

Establecer el conjunto de normas medioambientales que regulan los procesos logísticos de las empresas colombianas productoras de etanol y aportan al cumplimiento de los principios que propone la logística verde.

Objetivos específicos:

Identificar los puntos críticos de los procesos logísticos que requieren potenciales condiciones de manejo regulatorio ambiental para la elaboración del etanol.

Reconocer las normas que aplican a las condiciones de manejo regulatorio ambiental en los puntos críticos presentes en la elaboración del etanol y que aportan al cumplimiento de los criterios de logística verde.

Ordenar las normas identificadas, usando una metodología de trabajo bibliográfico, que facilite su posterior revisión y acceso.

Marco Conceptual

Logística y Cadena de Suministro

Definimos la logística como una actividad empresarial cuyo objetivo principal es la planificación y gestión de todas las operaciones que están directamente relacionadas con el flujo de materias primas, productos semielaborados y productos terminados, desde su origen hasta el consumidor final (Noega Systems, 2016).

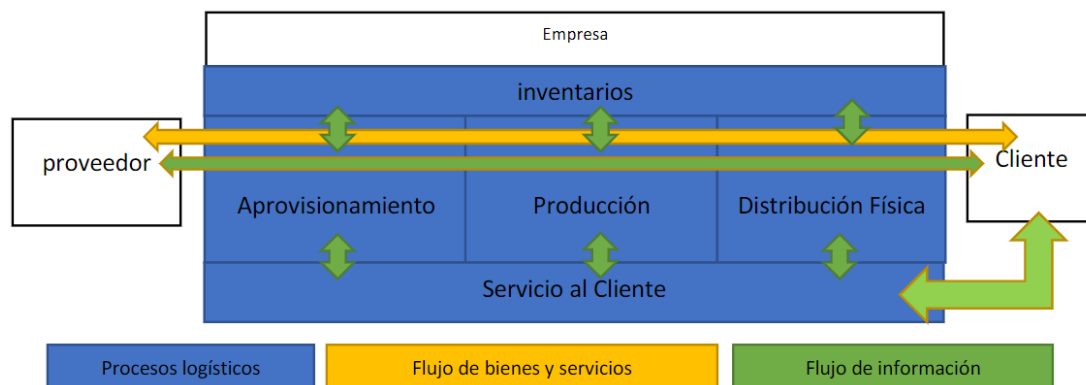
Dentro de la cadena de suministro, la logística sirve para la planificación, gestión y control del almacenamiento de bienes, así como los servicios necesarios y el flujo de información generada, que va desde el punto de origen del producto hasta el punto de consumo, y cuyo objetivo es cubrir la demanda de los consumidores.

Procesos Logístico

La logística está compuesta por una serie de actividades o procesos, que unidos y desarrollados de una forma eficiente, deben dar como resultado un producto o servicio óptimo, entregado al cliente en el lugar y tiempo estipulado. Generalmente, se habla de cinco procesos a través de los cuales se puede medir la calidad de la logística (ver diagrama 1).

Figura 1.

Macroprocesos de la logística, 2022.



Nota: Vásquez Bernal, O. A., & González Silva, J. C. (2021). Método referencial de operaciones básicas para el manejo del flujo logístico en pequeñas empresas latinoamericanas. El RAPDTt, página 3.

Aprovisionamiento. El aprovisionamiento consiste en adquirir los materiales necesarios para la actividad de la empresa (producción y/o venta) y almacenarlos hasta que empiece el proceso de producción o comercialización.

Producción. La producción busca que mercancías, materias primas o suministros que hacen parte del proceso de aprovisionamiento pasen por una fase de transformación de forma eficiente hasta la consecución del producto final.

Distribución Física. La Distribución Física es la actividad de la empresa encargada de hacer posible el desplazamiento material de los productos a lo largo de los canales de distribución y, en última instancia, su entrega consumidor final.

Servicio al cliente. Es el conjunto de actividades interconectadas que ofrecen un proveedor para que el cliente obtenga sus pedidos en el momento y lugar indicado. También puede decirse que el servicio al cliente es una herramienta muy poderosa del marketing porque un consumidor bien atendido es un usuario satisfecho, fiel y que recomprará en el futuro.

Gestión de inventarios. En esta gestión, se aplican estrategias que hacen que la tenencia de estos bienes sea rentable y productiva. Adicionalmente, permite la evaluación de los procedimientos de ingreso y salida de dichos artículos.

La Cadena de Suministros

Una cadena de suministro está formada por todos aquellos procesos involucrados de manera directa o indirecta en la acción de satisfacer las necesidades de suministro. Incluye a los proveedores (primer, segundo y tercer nivel), los almacenes de MP (materia prima - directa o indirecta), la línea de producción, almacenes de productos Terminados, canales de distribución, mayoristas, minoristas y el cliente final.

Componentes de la cadena de suministro. El suministro se concentra en dónde, cómo y cuándo se obtienen y suministran los materiales para fabricación. Hace referencia a la obtención de materias primas necesarias para el proceso de producción de la empresa. Debe tenerse en cuenta el cómo se obtiene, de dónde y cuándo. Este elemento es el primer eslabón de la cadena de producción, por lo que hay que asegurarse de que todo se cumpla correctamente.

La Fabricación convierte toda la materia prima en productos terminados. Es el proceso de transformación de las materias primas, de donde se obtienen los productos terminados.

La Distribución se asegura de llevar dichos productos al consumidor, a través de una red de distribuidores, comercios y almacenes. Es la etapa en la que se hacen llegar los productos a los consumidores finales. En ella entran en juego las redes de transporte, almacenes y tiendas físicas u online.

Objetivos de la cadena de suministro

- Disponer de unos adecuados canales de comunicación y de coordinación.

- Evitar las pérdidas innecesarias.
- Tener los tiempos de distribución optimizados.
- Obedecer con los tiempos de entrega de los productos o servicios.
- Operar adecuadamente los inventarios y almacenes.
- Tener la capacidad de enfrentarse a cambios imprevistos producidos en la oferta o la demanda.

Sostenibilidad

Para definir la sostenibilidad se puede traer la descripción que se dio en el Informe de Brundtland : “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (Comision-Brundtland, 1987) y la sostenibilidad está directamente relacionada con el manejo de los recursos de forma responsable, sin comprometer el bienestar de futuras generaciones en cuanto al mismo recurso utilizado, el contexto social y medioambiental que pueda verse afectado.

Fuentes de contaminación

- Emanaciones industriales, en forma de humo o polvo, las cuales son lanzadas a la atmósfera y contaminan el aire.
- Aguas residuales de origen industrial, que constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas.
- Aguas albañales procedentes de la actividad humana.
- Productos químicos procedentes de la actividad agropecuaria, los cuales son arrastrados por las aguas; entre ellos, plaguicidas, fertilizantes, desechos de animales, etc.
- Residuos sólidos provenientes de la industria y de las actividades domésticas.

- Emanaciones gaseosas producidas por el transporte automotor.
- Dispersión de hidrocarburos en las vías fluviales y marítimas, causadas por la transportación a través de estas vías.

Gases Efecto Invernadero (GEI)

Algunos gases de la atmósfera, como el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono troposférico, entre otros, tienen la propiedad de retener parte de la energía emitida con radiación de onda larga (infrarroja) que la Tierra debería emitir al espacio, denominados Gases Efecto Invernadero (GEI).

Los GEI más importantes son:

Dióxido de carbono (CO_2). Este gas juega un rol primordial en los procesos biológicos del ciclo del carbono, se encuentra principalmente en el aire y en agua, se puede originar naturalmente o en fuentes antropogénicas. Algunas de las actividades antropógenas que emiten dióxido de carbono son el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, en la tala de bosques y en algunos procesos industriales, como la producción de cemento o la fermentación para producir alcohol.

Metano (CH_4). El metano es un GEI que procede de fuentes tanto naturales (por ejemplo, en humedales, la descomposición de estiércol animal o la fermentación entérica en el proceso digestivo de animales herbívoros), como antropógenas (por ejemplo, en el uso de combustible fósil, en el cultivo de arroz bajo riego, las quemaduras de precosecha o de residuos agrícolas, la disposición de residuos sólidos, la industria del gas natural y el tratamiento anaerobio de aguas residuales).

Óxido Nitroso (N_2O). “El óxido nitroso, cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero”, según el IPCC2 1997, tiene un periodo de vida largo entre 100 y 150 años. Es eliminado de la tropósfera (donde actúa como GEI) mediante el intercambio con la estratósfera, donde es destruido lentamente por la descomposición fotoquímica. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles, de biomasa y las actividades agrícolas.

Monóxido de Carbono (CO). “Este gas es considerado un GEI precursor del ozono. El monóxido de carbono en la tropósfera es un oxidante de compuestos de carbono, nitrógeno y azufre, este gas es el principal sumidero de radicales hidroxilos (OH), influencia que afecta indirectamente la formación de otros GEI como el metano y el ozono troposférico. Principalmente la generación de monóxido de carbono antropogénico ocurre en la combustión incompleta de combustible fósil o biomasa y depende del tipo de motor, tipo de combustible y condiciones de combustión.

Logística Verde

La logística verde se puede definir como todas las acciones que se realizan alrededor de una organización para que las operaciones o procesos que esta realiza afecten de forma mínima al medioambiente (Nava Chacin & Abreu Quintero, 2015, pág 2).

La logística verde en el sector agroindustrial surge principalmente por su influencia en relación a productos y procesos que son poco amigables con el medioambiente y la salud de sus clientes, tomando cada vez más relevancia en las empresas debido a temas ambientales en la gestión de productos con elementos como reciclaje, reutilización, eliminación de desechos, re

² Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

fabricación entre otros, integrando la cadena de suministros y utilizando el flujo de información como puntos claves en la toma de decisiones.

Componentes de la Logística Verde

La logística verde incluye componentes a nivel político y a nivel de procesos. (Quintero Solano, 2015)

Nivel político. En su mayoría tiene que ver con procesos de decisión dentro de la organización; estas decisiones se reflejan a nivel económico social y ambiental, siendo el talento humano y el manejo de recursos sus principales herramientas, para cumplir el objetivo de la logística verde.

Según Planificación y control operacional de la ISO 14001:

- La organización debe controlar los cambios planificados y examinar las consecuencias de los cambios no previstos, tomando acciones para mitigar los efectos adversos, cuando sea necesario. Adicional, asegurarse de que los procesos contratados externamente estén controlados o que se tenga influencia sobre ellos. Dentro del sistema de gestión ambiental se debe definir el tipo y grado de control o influencia que se va a aplicar a estos procesos.
- En coherencia con la perspectiva del ciclo de vida las empresas deben:
- Establecer los controles, según corresponda, para asegurarse de que sus requisitos ambientales se aborden en el proceso de diseño y desarrollo del producto o servicio, considerando cada etapa de su ciclo de vida.
- Determinar sus requisitos ambientales para la compra de productos y servicios, según corresponda.

- Comunicar sus requisitos ambientales pertinentes a los proveedores externos, incluidos los contratistas.
- Considerar la necesidad de suministrar información acerca de los impactos ambientales potenciales significativos asociados con el transporte o la entrega, el uso, el tratamiento al fin de la vida útil y la disposición final de sus productos o servicios. (NTC-ISO 14001:2015. Pág. 14)

Nivel de procesos. Aquí podemos encontrar los procesos donde ataca y se ve reflejada más concretamente la logística verde.

- Transporte ecológico.
- Recolección verde.
- Almacenamiento ecológico y custodia.
- Carga y descarga verde.
- Procesamiento y distribución verde.
- Empaques verdes.
- Gestión de información verde.

Objetivos de la Logística Verde

- Medir la huella de carbono de las operaciones logísticas para así tener un punto de partida sobre el que barajar medidas en pro de la sostenibilidad y controlar los resultados de las mismas. Una de las metodologías más extendidas para el cálculo del consumo de energía y de los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero es la norma internacional UNE-EN 16258:2013.
- Reducir la contaminación del aire, suelo, agua y auditiva analizando el impacto que tiene cada una de las áreas logísticas, en especial la ligada al transporte.

- Hacer un uso racional de los suministros reutilizando contenedores y reciclando embalajes.

Principios de la logística verde

La logística se basa en el respeto al medioambiente y el impacto que la cadena de suministro de un producto o servicio pudiera provocarle. La logística verde se resume en 3 principios fundamentales, tales como:

- Reducción de emisiones.
- Reducción de residuos.
- Uso eficaz de los residuos.

Biocombustibles

Definición

Los biocombustibles son los combustibles obtenidos a partir de la materia orgánica o científicamente llamada biomasa. Estos biocombustibles pueden presentarse en estados líquidos, sólidos o gaseosos, siendo el primero el más común y el que es relevante para este trabajo ya que de allí se destacan el bioetanol y el biodiesel, productos que en su gran mayoría se utiliza para el transporte (CEPAL, 2008).

Tipos de biocombustibles

Los biocombustibles pueden ser sólidos (biomasa sólida), líquidos o gaseosos (biogás). A continuación, citaremos los biocombustibles más destacados:

Biocombustibles líquidos.

- ***Biodiesel:*** Se trata de un biocombustible líquido que se obtiene a partir de grasas animales, aceites vegetales y plantas oleaginosas. Su rendimiento es comparable al del gasóleo.

- **Bioalcoholes:** Son aquellos biocombustibles líquidos que se obtienen mediante la fermentación de almidón o azúcar. Los bioalcoholes más destacados son el bioetanol y el biometanol.

Biocombustible sólido

La biomasa: es la fuente de energía proveniente de material biológico o vivo. Existen muchos tipos de biomasa resultado de procesos químicos en los desechos de la industria agrícola, desechos de comida y a partir de los excrementos de los animales herbívoros (Arriols, 2020)

Biocombustibles gaseosos

Biogás: Se trata de un biocombustible gaseoso que se obtiene a partir de residuos biodegradables y que puede ser purificado hasta alcanzar una calidad similar a la del gas natural, para su uso como biocarburante o gas de madera. Dentro de los biogases, el biopropano es otro biocombustible gaseoso producido, en este caso, a partir de desechos orgánicos y aceites vegetales de origen sostenible.

Criterios de sostenibilidad en biocombustibles

La Unión Europea UE junto con la Comisión Europea estableció en 2010 una serie de criterios para garantizar que las energías renovables que surgían o que se producían cumplieran y eran biocombustibles realmente sostenibles; los criterios que se establecieron se resumen en 12 puntos. (Glenister, 2011)

Entendiendo La Producción Sostenible De Biocombustibles: Directiva De La Unión Europea Sobre Energías Renovables E Iniciativas Internacionales Para Verificar La Sostenibilidad

- La legalidad: está legalidad por parte de las organizaciones para con el estado donde se encuentren, cumpliendo la legislación en este caso de la UE y los entes que regulen.
- Derechos laborales y humanos: cumplir las reglamentaciones de cada estado cumpliendo estatutos de la OIT (organización internacional del trabajo) en cuanto a derechos del trabajador y de la persona.
- Seguridad alimentaria local: es importante no poner en riesgo la alimentación de una población o terrenos que puedan ser utilizados para la producción de alimentos.
- Las emisiones de GEI (gases efecto invernadero): tener control tanto en la biomasa como en los procesos productivos.
- Derecho a la tierra: respetar la propiedad de tierra tanto propia como de los vecinos cuando se está sembrando para producir la biomasa.
- Desarrollo rural y social: la UE estableció requisitos medioambientales y sociales que le permiten a las poblaciones vecinas o trabajadoras garantizar ciertos estándares de calidad de vida junto con sus respectivos derechos.
- La planificación, el seguimiento y la mejora continua: permite tener una estrategia de nuevos procesos y procedimientos encaminados a mejorar el ahorro de emisiones GEI, generar más riqueza a las regiones cercanas.
- La conservación: los terrenos que se utilicen para la producción de bioetanol deberán regirse por la evaluación de los ecosistemas del milenio para establecer si son o no aptos para esas labores.

- Uso de tecnologías, materiales y gestión de residuos: se establecen normas de apoyo para agricultores que estén dentro de los programas del gobierno y cumplan requisitos para la siembra de cultivos para la biomasa.
- El agua: los terrenos donde se produzcan las materias primas para los biocombustibles deben proteger las aguas subterráneas y superficiales de cualquier tipo de contaminación.
- El suelo: se debe generar un control antes y después de la cosecha para saber que afectaciones tiene el suelo y si es apto para proseguir en la producción.
- El aire: es necesario establecer las tecnologías usadas permiten disminuir las emisiones de GEI durante la cadena de suministro.

Etanol

Definición y uso

El etanol con fórmula química (C_2H_5OH), también conocido como bioetanol, alcohol etílico o alcohol de grano, se puede producir naturalmente mediante la fermentación vegetal o sintéticamente por la hidratación de etileno; se percibe físicamente como un compuesto líquido transparente, pese a ser alcohol no posee un olor característico. Debido a que puede disolverse fácilmente en el agua y otros compuestos orgánicos, el etanol también es un ingrediente de una variedad de productos, desde productos de cuidado personal y belleza, hasta pinturas, barnices y combustibles.

Además de usarse con fines culinarios (bebida alcohólica), el etanol se utiliza ampliamente en muchos sectores industriales y en el sector farmacéutico, como excipiente de algunos medicamentos y cosméticos (es el caso del alcohol antiséptico 70° volumen (GL) y en la elaboración de ambientadores y perfumes).

- Es un buen disolvente, y puede utilizarse como anticongelante. También es un desinfectante. Su mayor potencial bactericida se obtiene a una concentración de aproximadamente el 70 %.
- La industria química lo utiliza como compuesto de partida en la síntesis de diversos productos, como el acetato de etilo (un disolvente para pegamentos, pinturas, etc.), éter dietílico, etc.
- También se aprovechan sus propiedades desinfectantes.
- Se emplea como combustible industrial y doméstico. Esta última aplicación se extiende también cada vez más en otros países para cumplir con el protocolo de Kioto (protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). Estudios del Departamento de Energía de Estados Unidos de América (EUA) dicen que el uso en automóviles reduce la producción de gases de invernadero en un 85 %. Cita requerida en países como México existe la política del ejecutivo federal de apoyar los proyectos para la producción integral de etanol y reducir la importación de gasolinas que ya alcanza el 60 %. (Arteaga, 2016)

Cabe resaltar que, por su producción a partir materias primas renovables como la biomasa, es reconocido como una fuente de energía prometedora sobre la gasolina. El etanol se le denomina combustible oxigenante, debido a que en su composición contiene el 34,78% de oxígeno, mientras que, en la gasolina, el oxígeno está ausente (Zabed y otros, 2016). Es por esto que se usa como aditivo en la gasolina y está inmerso en el mercado energético del sector transporte.

Como se ha mencionado dentro de los usos del alcohol etílico el más difundido es el de la elaboración de bebidas alcohólicas uno de los más conocidos, sin embargo, al etanol también se

lo emplea en la industria como un compuesto de partida para la sintetización de diferentes productos como el acetato de etilo (disolvente de pinturas) y en áreas como la farmacéutica y de cosmética, siendo la desinfección y la participación en la fabricación de ambientadores y perfumes, respectivamente, las más importantes.

Biomasa para elaborar etanol

La biomasa es el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal, y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial.

Producción de la biomasa.

Primera generación. Estos azúcares están presentes en la caña de azúcar, la remolacha azucarera y el sorgo dulce. El uso de estas materias primas sólo requiere la molienda, la fermentación, la destilación, y la desnaturalización (para que no sea apto para consumo humano); además, para su utilización en mezclas con gasolina se debe deshidratar, lo cual es necesario para desplazar su punto azeotrópico. Los métodos de deshidratación son la adsorción con tamices moleculares, la per-vaporación, la destilación al vacío, la destilación extractiva con solventes o con sales o con ambos a la vez (Gomez & Perez, 2018) .

Cadena de suministro del Etanol

Proveedores. En este proyecto solo se tendrá en cuenta como proveedor primario la caña de azúcar y los insumos Pareto para la producción del etanol.

Proveedor primario: La cadena de suministro comienza con el cultivo de la caña de azúcar. La caña de azúcar cuyo nombre científico (*Saccharum officinarum*), es una planta gramínea C4, capaz de convertir hasta uno por ciento (1 %) de la energía solar incidente en biomasa (Glyn, 2007).

El sistema de cultivo de caña de azúcar más común es el cultivo de fila, ya sea en planicies o en colinas. Este requiere de riego bien distribuido en su periodo vegetativo (Ellis y Merry, 2007). A medida que avanza la maduración, los azúcares simples (monosacáridos, es decir fructosa y glucosa) se convierten en azúcar de caña (sacarosa, un disacárido). Después de la fase de maduración de 11 a 13 meses después de la siembra, la caña de azúcar puede ser recolectada, para su uso agroindustrial (CUE, 2012, pág. 10).

Proveedor secundario: Como proveedor secundario se necesitan insumos para los procesos productivos, algunos de estos son el hidróxido de calcio³, soda caustica⁴, floculantes⁵, coagulantes⁶, ácidos como el fosfórico y sulfúrico, fertilizantes como Dap⁷, Urea⁸ y combustibles como la gasolina.

Proceso productivo. El bioetanol se fabrica mediante un proceso biotecnológico, en donde una de las principales etapas es la de fermentación alcohólica, la cual consiste en convertir los azúcares presentes en el jugo de la materia prima (En el caso de la caña de azúcar) que vienen de la extracción, en etanol y gas carbónico, por medio de la acción de levaduras, que realizan esta transformación por medio de su metabolismo natural.

³ Polvo seco, incoloro y cristalino fabricado mediante el tratamiento de óxido de calcio (cal viva) con agua, en un proceso llamado "apagado".

⁴ Producto químico que se encuentra en forma líquida, sólida, en escamas o cristalina.

⁵ Sustancia que induce a la combinación de partículas sólidas suspendidas.

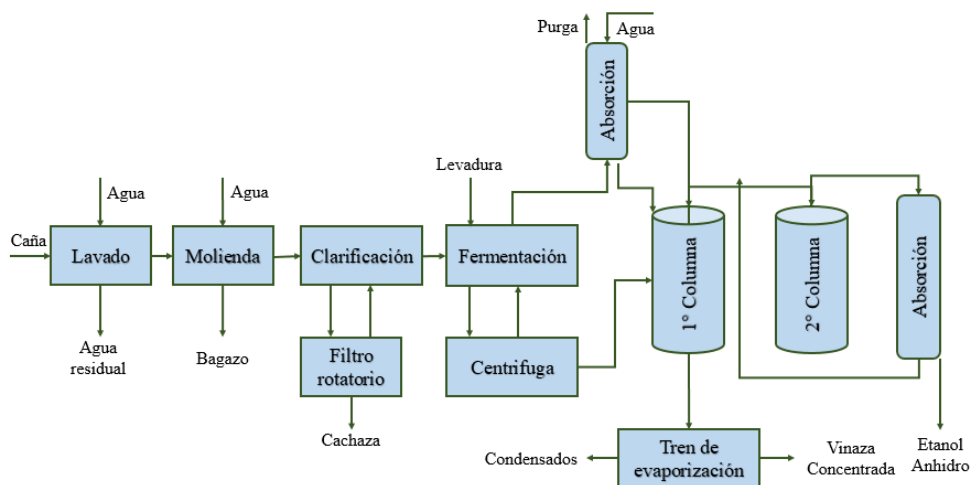
⁶ Materiales químicos que se adicionan al agua para lograr la descarga de todas las partículas coloidales dando origen a la formación de medios más grandes (flóculos), que sedimentan rápidamente.

⁷ Fertilizante granulado, con una alta concentración integral de nitrógeno y fósforo.

⁸ Fertilizante sólido granulado de mayor concentración de nitrógeno (N).

Figura 2.

Etapas proceso productivo del Etanol, 2022.



Nota: Basado en Ibarra D. (octubre de 2017). Modelado para la evaluación de Sostenibilidad en la Cadena de Suministro de Bioetanol. Doctoral, Departamento de Ingeniería Química Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Página 41.

Etapas de la producción de etanol

Etapas de acondicionamiento de materia prima. Una vez cosechada la caña de azúcar, se procede a la extracción del jugo a través de la molienda mecanizada, este proceso obtiene el jugo que servirá de materia prima para la obtención de bioetanol y un bagazo de caña⁹, el cual es procesado como residuo orgánico cogenerador de energía eléctrica para el proceso productivo (CUE, 2012).

⁹ Subproducto que se obtiene después de extraer el jugo de la caña.

Etapa de clarificación. Durante la fase de tratamiento de purificación del jugo, se retiran las impurezas y materias extrañas que provengan del corte de la caña de azúcar, del transporte y de la etapa de molienda. En esta fase el jugo será calentado, tratado con cal y decantado, a este proceso se le conoce como clarificación simple, para luego ser concentrado por evaporación. Como producto resultante de la clarificación será el jugo claro, y como subproducto la Cachaza¹⁰ (lodo).

Etapa de fermentación. La fermentación es un proceso bioquímico efectuado por la glucosa, que está presente en los azúcares. Los cuales son transformados en etanol y óxido de carbono. Esta etapa es la de mayor cuidado, pues en esta se genera el producto de interés, el cual es el alcohol. En esta etapa se manejan condiciones específicas como lo es la temperatura, el pH, la concentración de azúcares y se debe garantizar que la lea horas tenga un buen desempeño. Además. La fermentación se desarrolla por medio de un proceso continuo en 5 reactores que trabajan en serie. En donde se llevan a cabo reacciones químicas de transformación de azúcares en etanol y gas carbónico.

Primero, al salir del fermentador se tiene un producto que es conocido como el mosto (derivado de la melaza que genera la caña), el cual tiene una concentración aproximadamente del 10,5%, volumen/ volumen de alcohol, además de contener Agua, sólidos y levadura, el 70% de la levadura utilizada en el proceso es recuperada en el tanque de sedimentación para ser usada nuevamente en el proceso. Esta levadura es enviada al tanque a simulación, donde se hace un choque con ácido sulfúrico para reducir la contaminación bacteriana presente en la levadura, disminuyendo así el pH entre el 2,5 y el 2,7. Después es enviada al primer tanque de fermentación y simultáneamente; a este mismo se le adiciona, por otra línea, la levadura nueva

¹⁰ Material esponjoso, amorfo, de color oscuro a negro, que absorbe grandes cantidades de agua, rico en fósforo, calcio y nitrógeno y pobre en potasio.

proveniente del tanque de propagación. El mosto o el vino de fermentación obtenido en el último fermentador se envían por la tubería a un tanque donde de forma continua sigue el proceso de destilación para realizar la separación del etanol producido.

Etapas de destilación. Se basa en el principio de los puntos de ebullición de los componentes de una mezcla, en esta etapa se calienta el mosto fermentado con el fin de evaporar el etanol y obtener así un alcohol al 96% de pureza, para ello se debe contar con 3 columnas, una columna desgasificadora, una mostera y una de aldehídos, las cuales operan en serie y éstas son sometidas a vacío para disminuir los puntos de bullicio de las sustancias y así se garantiza aumentar la eficiencia energética en el proceso.

El mosto que proviene de la etapa de fermentación se envía a la columna mostera¹¹ donde se obtienen 3 productos, en la parte superior se obtienen vapores livianos los cuales van a la columna de aldehídos para obtener así un alcohol impuro del 96%. En la parte intermedia se obtienen los gases con una concentración de alcohol cercana entre el 40 y 50%, que se enviará a una columna rectificadora para obtener alcohol del 96%. Y en la parte inferior se obtiene una corriente líquida llamada vinaza.

Destilación de vinaza. La vinaza es un subproducto líquido de la destilación del mosto en la fermentación del etanol. El flujo de vinaza es obtenido a partir de la columna mostera. Este flujo sale por la parte inferior de esta columna y es dividido en dos partes, la primera parte se envía a la sección de fermentación sin ningún tratamiento y la segunda parte se envía hacia los evaporadores de Vinaza. En los cuales se concentran los óleos para su posterior uso en el compostaje, los evaporadores cuentan con un área de transferencia de calor de 502 metros

¹¹ Columna mostera: primera columna de destilación.

cuadrados cada uno, los cuales funcionan bajo el principio de lecho fluidizado¹². En este proceso, en un lecho con partículas sólidas se hace pasar un fluido hasta lograr una mezcla homogénea entre las partículas y el fluido. Posteriormente en los tubos se hace circular 4 toneladas de partículas de acero inoxidable, esto con el fin de ayudar a prevenir la incrustación de sólidos en los evaporadores debido a los altos contenidos de sólidos en la vinaza.

Subproducto Vinaza: Dicho líquido sale del proceso como un producto de desecho. Sin embargo, por su contenido rico en sustancias orgánicas e inorgánicas de importancia económica puede aprovecharse en otros procesos industriales; esto convierte a la vinaza en un subproducto importante de la agroindustria.

Etapas de deshidratación. Proceso de producción de etanol carburante se busca obtener un producto de elevada concentración de etanol superior al 99,5% (v/v)¹³, retirando el agua remanente mediante técnicas de absorción de tamices moleculares. El alcohol mezclado proveniente de la columna rectificadora y la columna de aldehídos durante la etapa destilación contenían próximamente el 99% de etanol y 4% de agua (v/v). Para que el alcohol puede ser usado como combustible necesario, retirarle más cantidad de agua por medio de deshidratación que tienen lugar en los tamices moleculares conformados por medio de una resina sintética como lo es la de zeolita, que retiene el agua contenida en el alcohol sobrecalentado, en el cual la zeolita tiene la capacidad de captar moléculas de tamaños inferiores. Cuando se pasa una corriente de vapor de alcohol húmedo sobrecalentado a través de éstas para tener un producto del cual deshidratado con una concentración mínima de 99% de etanol, el alcohol deshidratado o alcohol anhidro se condensa y se enfría para ser almacenado. Se encuentran dos tamices moleculares que

¹² Lecho Fluidizado: Ocurre cuando una cantidad de una sustancia sólida particulado se coloca en condiciones apropiadas para hacer que una mezcla sólida / fluido y se comporte como un fluido.

¹³ Porcentaje volumen a volumen.

cumplen con el objetivo de deshidratar, mientras que uno de ellos deshidrata por presión, el otro se encuentra regenerando las zeolitas por vacío. El alcohol deshidratado, también llamado alcohol Anhidro, es condensado y enfriado para ser almacenado en los tanques.

Almacenamiento

El etanol es fácilmente inflamable, puede entrar en ignición fácilmente a temperatura ambiente. Los vapores forman mezclas explosivas con el aire a concentraciones bajas. El líquido puede acumular cargas estáticas por transvase o agitación. Los vapores pueden arder por cualquier fuente de ignición (como calor, llama, chispas, descargas estáticas, etc.). Los vapores son ligeramente más pesados que el aire y pueden viajar una distancia considerable hasta una fuente de ignición y retornar incendiado hasta el derrame o el contenedor abierto. Pueden acumularse en espacios confinados, resultando peligrosamente tóxicos e inflamables. Los contenedores cerrados pueden romperse violentamente cuando se exponen al fuego o al calentamiento excesivo por un periodo de tiempo suficiente. Durante un incendio puede producir gases tóxicos e irritantes. Los contenedores pueden estallar con calor o fuego.

Tabla 1.*Propiedades del etanol*

Propiedades del etanol	
Punto de fusión:	-117 °C
Punto de inflamación:	14 °C
Punto de ebullición:	78°C
Presión de vapor:	59 mbar
Densidad	789 kg/m ³
Valor de pH	neutro
Temperatura de autoignición	363°C
Gravedad específica	0.79 g/cm ³
<i>Límite inferior de Explosividad:</i>	3.3% volumen
<i>Límite Superior de Explosividad:</i>	19.0% volumen
Temperatura crítica:	243 °C
Solubilidad:	Miscible con agua, éter, cloroformo, acetona, alcohol metílico.

Nota. Elaboración propia, 2022, propiedades del etanol.

Normas de seguridad para el almacenamiento del etanol.

- El área debe ser fresca, seca y protegida de la luz directa del sol.
- El tanque preferiblemente debe quedar en una zona exterior a edificios, de todas formas, debe quedar retirado de áreas de alta circulación de personal, elevadores, edificios, puertas o pasillos.
- El área siempre debe tener excelente ventilación ya que el etanol es muy volátil y se pueden acumular vapores fácilmente en corto tiempo.
- Los muros y los techos de la bodega de almacenamiento deben ser incombustibles.
- Eliminar toda fuente de ignición como cigarrillos encendidos, llamas abiertas, calor o descargas electrostáticas en la zona del tanque y en sus accesos o salidas.

- Almacenar lejos de materiales incompatibles (cualquier agente oxidante).
- El tanque debe ser de material metálico porque el plástico representa un riesgo adicional (acumula cargas estáticas aumentando el riesgo de incendio).
- El tanque y las tuberías de conducción siempre deben estar conectados a tierra.
- Construir alrededor muros de contención que retengan un 110% del volumen total del tanque, para contener los posibles derrames. El suelo y los muros de contención deben ser impermeables. El solo cemento no es impermeable.
- Instalar en el tanque venteadores de presión y válvula de alivio.
- Idealmente, el orificio respirador del tanque debe contar con un supresor de llama.
- Los equipos mecánicos y eléctricos tales como bombas, sistemas de ventilación y de iluminación no deben ser generadores de chispas.

Métodos de apoyo a la investigación

Punto Crítico de Control (PCC)

Según la norma ISO 22000:2015, PCC, se define como: la etapa en la que se puede aplicar un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

El sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), un método implementado hace más de cinco décadas en la industria de los alimentos; establece unos principios que permiten estructura una serie de actividades y controles rigurosos donde se garantice la inocuidad de los productos u alimentos.

- Principio 1: Análisis de Riesgos
- Principio 2: Identificar los puntos críticos de control (PCC)

- Principio 3: Establecer los límites críticos
- Principio 4: Establecer un sistema de vigilancia de los PCC
- Principio 5: Establecer las acciones correctivas para cada uno de los puntos de control crítico establecidos
- Principio 6: Establecer un sistema de verificación
- Principio 7: Crear un sistema de documentación

Igualmente se puede establecer que:

- Los PCC controlan la calidad y no la inocuidad.
- El PCC es un equipo, no un paso del proceso.
- El PCC es un último paso de control o eliminación del peligro, esto dependerá el proceso.
- Los PCC se pueden controlar con inspección visual dependiendo del proceso.

Entre más PCC, MEJOR: el determinar, implementar y mantener un PCC, es una tarea compleja. Para determinarlo se debe contar con evidencia científica, información de ensayos internos o externos aplicables al proceso y al producto; para implementarlo, se debe contar con el apoyo de la alta gerencia y para mantenerlo, se necesita del apoyo de toda la organización. Por otro lado, los PCC se deben monitorear, verificar, validar y determinar acciones correctivas no negociables, en caso de desviación en los límites críticos.

Método RAPDTt

Es un método empírico que relaciona la trazabilidad del flujo de cada uno de los procesos y subprocesos logísticos. La investigación hace uso del método empírico. Con base en un fenómeno encontrado durante una labor de desarrollo investigativo se propone una hipótesis fundamentada en una secuencia de operaciones logísticas básicas, ordenadas con base en

conceptos teóricos y experienciales que pudieran de manera genérica describir el flujo físico logístico, para luego ser contrastada mediante comparación, con procesos hipotéticos donde el flujo logístico se hace presente a nivel micro y macro, buscando la validación de dicho orden y contenido de procesos como secuencia que describa el flujo en revisión (González Silva & Vásquez Bernal, 2021, pág 4).

Marco Referencial

Es importante establecer referencia del trabajo que hacen las plantas de etanol a nivel Colombia, por tal motivo, se realiza el análisis de logística verde a empresas de este sector. Si bien el producto que es emblema de casi todas las empresas que trabajan la caña de azúcar es precisamente el azúcar, según la federación de biocombustibles los últimos 20 años se ha intensificado la producción de etanol a base de este tipo de planta (Fedecombustibles, 2022). Por tal motivo se toma cuatro de las empresas representativas del sector y las que más litros de etanol producen en cada una de sus plantas.

Empresas productoras de etanol

Incauca

Acciones de logística verde dentro de sus procesos

Aguas residuales y vinaza: Incauca ha puesto metas en cuanto a la optimización del agua que utilizan para sus diferentes procesos, según el informe de sostenibilidad se generó políticas y estrategias que ayudaron a reducir el consumo y reutilizar el agua aplicada a sus procesos, que en su mayoría es vinaza. Igualmente, en cada una de sus unidades de negocio tienen una planta para el tratamiento de aguas residuales, que es devuelta al ciclo y en su gran mayoría junto con la vinaza se utiliza para el riego de los campos (Incauca SAS, 2020).

Energía eléctrica: La energía eléctrica que se consume en Incauca en cada uno de los procesos es generada por los turbogeneradores de la planta de electricidad, es decir, Incauca produce su propia energía para su consumo y aporta a la red de energía del país. La PTAR de la destilería recibe las flemazas y los condensados de la vinaza saliente de los procesos.

El bagazo: Es utilizado en las calderas como combustible para la generación de vapor y generador de energía eléctrica, e igualmente se vende para producir papel, además de ello en su mayoría se utiliza como abono orgánico en la planta de compostaje.

Planta de compostaje: Una de las mejores implementaciones de logística verde e inversa que tienen en la empresa es la del compostaje, en dicha planta trabajan cerca de 50 personas que generan un tratamiento junto con la tecnología de todos los residuos industriales de la fabricación tanto de azúcar como del etanol, estos residuos comprenden procesos de cosecha, cachaza, ceniza de bagazo saliente de las calderas, bagazo y vinaza.

Emisiones de GEI: Una de las grandes ventajas que tiene este tipo de empresas es que con el alcohol carburante ayudan a disminuir la emisión de gases efecto invernadero de los vehículos, sin embargo, dentro de la producción de etanol existen diferentes procesos y procedimientos que generan emisiones al medio ambiente de este tipo de gases o vapores. ocasionadas por el consumo de combustible para generación de vapor, consumo de combustible para operación de maquinaria y equipos, procesamiento físico o químico de materiales, transporte de materiales, y esto hace que se creen políticas estrictas que van desde implementar nuevas tecnologías hasta nuevas políticas en cuanto al manejo de los insumos y nuevas prácticas.

Ingenio Manuelita

Acciones de logística verde dentro de sus procesos.

Agua: Ingenio Manuelita ha diseñado sistemas de riego para optimizar y aprovechar la mayor cantidad de agua que toma para los campos, según el informe de sostenibilidad de 2018 se redujeron las pérdidas de agua hasta en un 90%. Hay que tener en cuenta que también está programando la utilización de una variedad de caña que requiere una cantidad mucho menor de agua para su producción (Ingenio Manuelita, 2020).

Vinaza: En cuanto la vinaza, manuelita utiliza una parte de la vinaza para el compost y abono de la tierra, sin embargo, también incursionó en la producción y venta de vinaza seca, que lo vende en sus cultivos, señalando que aporta, nutrientes, materia orgánica y potencia la microflora.

Planta de compostaje: Desde 2012 Manuelita tiene planta de compostaje que igualmente a Incauca se genera de la cachaza, la vinaza y el bagazo de la caña y la palma.

Vertimientos y residuos: Es claro que las normativas ambientales para este sector, son de los aspectos más relevantes, por eso mismo Manuelita, según su informe de sostenibilidad, terminó una investigación sobre los afluentes tratados desde el mismo ingenio, con diferentes aguas residuales de los diferentes procesos, permitiendo utilizar un gran porcentaje de esa agua para riego no solo de la caña de azúcar sino también para otro tipo de cultivos, permitiendo la reducción de químicos a dichas tierras, e igualmente disminuir vertimientos y carga orgánica, sólida y particulado a los ríos.

Emisiones GEI: Una de las grandes ventajas que tiene este tipo de empresas es que con el alcohol carburante ayudan a disminuir la emisión de gases efecto invernadero de los vehículos, sin embargo, dentro de la producción de etanol existen diferentes procesos y procedimientos que generan emisiones al medio ambiente de este tipo de gases o vapores, ocasionadas por el consumo de combustible para generación de vapor, consumo de combustible para operación de maquinaria y equipos, procesamiento físico o químico de materiales, transporte de materiales, y esto hace que se creen políticas estrictas que van desde implementar nuevas tecnologías hasta nuevas políticas en cuanto al manejo de los insumos y nuevas prácticas.

Energía eléctrica: Manuelita no solo genera electricidad a partir de la biomasa (bagazo de caña, fibra, cuesco y raquis de palma), sino también del biogás, a partir de 2018 manuelita

empezó a generar 8 MW/h, excedente que le queda después de suplir sus requerimientos de energía.

Riopaila Castilla.

Acciones de logística verde dentro de sus procesos.

Agua: Ingenio Riopaila Castilla ha generado políticas dentro de la empresa con respecto a la regulación de agua en cada uno de los procesos y procedimientos.

Vinaza: Al igual que otros ingenios trata la vinaza y la utiliza como fertilizante para los campos, igualmente cierra el ciclo con este procedimiento.

Planta de compostaje: La planta de compostaje tiene un promedio de producción de 15 mil toneladas que se despachan frecuentemente a campo luego de ser tratada.

Vertimientos y residuos: Tiene políticas de cuidado a los ríos y sus nacimientos. Según el informe de sostenibilidad 2020 se disminuyó la emisión de residuos peligrosos en un 25%.

Emisiones GEI: Como en las demás empresas productoras de etanol a base de caña, se utiliza el bagazo como combustible en las calderas. Una de las grandes ventajas que tiene este tipo de empresas es que con el alcohol carburante ayudan a disminuir la emisión de gases efecto invernadero de los vehículos, sin embargo, dentro de la producción de etanol existen diferentes procesos y procedimientos que generan emisiones al medio ambiente de este tipo de gases o vapores. ocasionadas por el consumo de combustible para generación de vapor, consumo de combustible para operación de maquinaria y equipos, procesamiento físico o químico de materiales, transporte de materiales, y esto hace que se creen políticas estrictas que van desde implementar nuevas tecnologías hasta nuevas políticas en cuanto al manejo de los insumos y nuevas prácticas (Rio Paila Castilla SAS, 2021).

Bioenergy

Acciones de logística verde dentro de sus procesos.

Agua: Bioenergy ha generado políticas muy estrictas dentro de la empresa con respecto a la regulación de agua en cada uno de los procesos y procedimientos. En el plan medio ambiental desarrolla cada una de estas políticas que controlan constantemente el uso de este recurso. Como tal posee 2 plantas de tratamiento de aguas residuales con tratamiento terciario y con campo de infiltración. Monitorean constantemente los ríos y aguas subterráneas para estar atento a cualquier cambio físico.

Vinaza: Se utiliza como o fertilizante líquido que aporta potasio, materia orgánica y sustancias ricas en nutrientes, que son utilizadas en el compostaje.

Planta de compostaje: Se desarrolló una planta con un sistema de cubierta tipo invernadero para el compostaje, que es enriquecido con la cachaza y la ceniza de la caldera, que sale del proceso productivo.

Vertimientos y residuos: Las aguas son cuidadosamente tratadas para evitar vertimientos innecesarios, el agua se reutiliza hasta en 90%, en baterías de baños, en el compost, en el riego.

Emisiones GEI: Una de las grandes ventajas que tiene este tipo de empresas es que con el alcohol carburante ayudan a disminuir la emisión de gases efecto invernadero de los vehículos, sin embargo, dentro de la producción de etanol existen diferentes procesos y procedimientos que generan emisiones al medio ambiente de este tipo de gases o vapores, ocasionadas por el consumo de combustible para generación de vapor, consumo de combustible para operación de maquinaria y equipos, procesamiento físico o químico de materiales, transporte de materiales, y esto hace que se creen políticas estrictas que van desde implementar nuevas tecnologías hasta nuevas políticas en cuanto al manejo de los insumos y nuevas prácticas (Bioenergy S.A, 2017).

Marco normativo

A partir de la constitución política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, para esto estableció 3 principios fundamentales que enmarcan toda la normatividad que está relacionada al medio ambiente (Unidad de Planeación Minero Energética UPME).

Todas las personas tienen derecho a un ambiente sano.

Es la base fundamental de las normativas medioambientales, y se expresa en el artículo 79 de la constitución nacional.

El medio ambiente como patrimonio común.

La constitución nacional incorpora este principio al imponer al Estado y a las personas la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales (Artículo 8), así como el deber de las personas y del ciudadano de proteger los recursos naturales y de velar por la conservación del ambiente (Artículo 95). En desarrollo de este principio, en el Artículo 58 consagra que: " la propiedad es una función social que implica obligaciones y, como tal, le es inherente una función ecológica "; continúa su desarrollo al determinar en el Artículo 63 que: " Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables " (Constitución Política de Colombia [Const], 7 de julio de 1991).

Desarrollo sostenible

Este desarrollo es el que se define como aquel que genera crecimiento económico, calidad de vida y bienestar social, sin afectar negativamente la existencia de los recursos naturales ni ponerlos en riesgo. Está estipulado en la constitución nacional en el Artículo 80.

A partir de los 3 principios básicos se han generado una serie de leyes que fundamentan la legislación ambiental en Colombia las cuales son el Decreto Ley 2811 de 1994 y la Ley 99 de 1993.

El Decreto Ley 2811 de 1994 es el código de los recursos y medios renovables del medio ambiente, donde se establece la definición y normas generales de la política ambiental en Colombia, además de este decreto ley define propiedad, uso y eficiencia de los recursos renovables.

Ley 99 de 1993 recuerda el derecho al ambiente sano, genera reglas para el uso de recursos naturales propendiendo a la no destrucción de los mismos, establece límites permisibles para los recursos como agua tierra y aire. Esta ley es importante pues de aquí se parte para las actividades que generan algún riesgo ya sea por los productos que manejan como las emisiones o desechos que dejan en sus procesos productivos.

Políticas Públicas Ambientales Colombianas

Política Pública Ambiental es un lineamiento o directriz que se toma frente a la planeación, protección, prevención y control de los recursos naturales como resultado de intereses, decisiones, acciones, acuerdos e instrumentos político económico y social, adelantados por el Gobierno Nacional con la finalidad de prevenir o solucionar las necesidades y problemáticas ambientales del país para ser implementadas a nivel nacional, territorial y sectorial, propendiendo por la sostenibilidad ambiental (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

En la construcción de políticas públicas ambientales existen varias etapas que van desde la i) Planeación, ii) Diagnóstico, iii) Formulación y Adopción, iv) Promoción y Difusión, v)

Implementación y Seguimiento hasta la vi) Evaluación. Por ser un país democrático, son de carácter participativo e incluyente en las etapas de formulación e implementación

Conforme al Decreto 3570 de 2011 y respecto al artículo 1, El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible. Así mismo junto con el presidente de la República es el encargado de formular la política nacional ambiental y de recursos naturales renovables, garantizando el derecho de todas las personas a gozar de un medio ambiente sano y protegiendo el patrimonio natural y la soberanía de la Nación.

Con la finalidad de orientar la formulación y seguimiento de las Políticas del Sector Ambiente, se cuenta con el proceso de “Formulación y Seguimiento de Políticas Públicas Ambientales” dentro del Sistema Integrado de Gestión del Ministerio cuyo objetivo es “Orientar la formulación de las políticas del sector ambiente y desarrollo sostenible de acuerdo con las prioridades del país, la normativa vigente y los compromisos internacionales suscritos por el país”, así mismo de acuerdo a cada Plan Nacional de Desarrollo son identificadas las políticas para cada periodo de gobierno que son objeto de formulación, reformulación y seguimiento, cumpliendo con los lineamientos y orientaciones establecidos para este proceso.

Metodología

Tipo de investigación

Este proyecto se elabora con criterios de investigación tipo exploratoria cualitativa mediante un enfoque de teoría fundamentada, permite generar un estudio profundo de contenidos que involucran a la industria del etanol, la normatividad ambiental aplicada y el cumplimiento de los principios de la logística verde.

Fases de la investigación

Identificar los puntos críticos de los procesos logísticos que requieren potenciales condiciones de manejo regulatorio ambiental para la elaboración del etanol.

En esta fase de trabajo, se utiliza el método HACCP para identificar puntos críticos en los procesos logísticos de elaboración de etanol, el principio de Pareto para identificar los insumos más representativos y el modelo RAPDTt para analizar cada proceso logístico.

Reconocer las normas que aplican a las condiciones de manejo regulatorio ambiental en los puntos críticos presentes en la elaboración del etanol y que aportan al cumplimiento de los criterios de logística verde.

En esta fase de trabajo, se representan mediante tablas los puntos críticos identificados en cada proceso logístico y la normatividad que debe ser aplicada para que se alcancen los principios de logística verde.

Ordenar las normas identificadas, usando una metodología de trabajo bibliográfico, que facilite su posterior revisión y acceso.

En esta última fase del trabajo se busca de forma clara ordenar las normas según el tipo de impacto y mostrar su aporte a cada proceso, ya que hay normatividad que aplica para varios de los puntos críticos encontrados, se representa esta fase en una única tabla.

Resultados

Fase 1. Puntos críticos

Definir que es un punto crítico dentro de la investigación.

Reconocer una metodología que permita identificar puntos críticos. Mediante el sistema HACCP (El Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos), se busca identificar los puntos críticos de control en los procesos logísticos de elaboración del etanol, implementan las siguientes fases de análisis que propone el sistema HACCP y que se ajustan al objeto de esta investigación.

Adaptar dicha metodología a los criterios de la investigación.

- Conformar un equipo de análisis de peligros y puntos de control.
- Describir los procesos logísticos.
- Elaborar el diagrama de flujo del producto.
- Identificar y analizar los puntos de mayor control.
- Determinar los puntos críticos de control
- Presentar normatividad aplicada para ejercer control.

Reconocer los criterios medioambientales que se deben tener en cuenta para cumplir con los principios de logística verde.

A continuación, se representan en la tabla 2, los tres principios de logística verde y los criterios medioambientales que deben asumir las industrias en del desarrollo de su actividad económica para alcanzar dichos principios.

Tabla 2.*Criterios Medio Ambientales vs Logística Verde.*

Principio de logística verde	Criterios medioambientales en la industria
Reducir los residuos que contaminan aire, suelo y agua.	<p>Las materias primas de los productos provengan de procesos de reciclaje.</p> <p>Las materias primas provengan de recursos renovables gestionados de manera sostenible.</p> <p>Las materias primas no hayan sido testadas o experimentadas en animales.</p> <p>El proceso de fabricación tenga en cuenta la disminución de los impactos ambientales (consumo de agua y de energía, vertidos y emisiones incluyendo requerimientos para las emisiones de CO₂).</p> <p>El producto tenga una vida útil larga.</p>
Hacer un uso racional de los residuos (Reducir, Reutilizar y Reciclar).	<p>Producto reutilizable.</p> <p>Producto reciclable.</p> <p>El producto esté compuesto por nano materiales que faciliten el reciclaje.</p> <p>Las piezas estén marcadas claramente para su identificación y reciclado.</p> <p>Reducir todo lo posible el embalaje y que este sea reciclable.</p>
Reducir emisiones.	<p>No añadir en el proceso sustancias tóxicas para la salud o el medio ambiente.</p> <p>En la distribución del producto sea tenido en cuenta un modelo de transporte eficiente (consumo de biocombustibles, medios de transporte eficientes evitando la emisión de gases de efecto invernadero, uso de ciclo mensajería, etc.)</p> <p>Producto de bajo consumo energético.</p>

Nota: Elaboración propia, 2022, criterios medioambientales vs logística verde.

Identificar mediante la revisión de información, los hallazgos de subproductos en la elaboración del etanol que requieren atención dentro de la investigación.

De acuerdo con el marco referencial se identifican subproductos que salen del proceso logístico de producción como el bagazo, la cachaza y la vinaza, adicional a estos encontramos gases efecto invernadero y el agua residual. Para determinar el origen de estas salidas de proceso

es necesario conocer los insumos que intervienen desde la fase de aprovisionamiento y dan como resultado en la fase de procesamiento estas salidas al medio ambiente, que por su impacto requieren ser evaluadas bajo principios de logística verde.

Proponer el diagrama de flujo logístico de la empresa de etanol, teniendo en cuenta, bajo principio de Pareto, las proporciones de uso de los insumos directos del etanol.

Para representar el diagrama de flujo logístico de la empresa de etanol, es necesario determinar las entradas y salidas de cada proceso logístico que permiten alcanzar el producto final. Para lograr esto, es importante definir los insumos que están involucrados en el proceso de elaboración de etanol, y mostrar su entrada al flujo logístico.

Al ser la elaboración de etanol un proceso muy grande, es necesario empezar con un enfoque por procesos logísticos que permita al final del ejercicio, agrupar todo lo encontrado y poder mostrar el diagrama general de flujo logístico.

Se plantea los siguientes pasos para construir el diagrama de flujo logístico.

- Análisis con grafico Pareto los insumos secundarios necesarios para elaborar etanol.
- Implementar metodología RAPDTt, para poder analizar todos los procesos logísticos bajo el mismo principio.
 - Proceso logístico de aprovisionamiento, involucrando insumo primario caña de azúcar y secundarios según Pareto. Se realiza análisis en tablas y diagrama de flujo logístico para cada insumo.
 - Proceso logístico de producción, se realiza tabla y diagrama del flujo logístico dando como entrada los insumos del aprovisionamiento.

- Proceso logístico para distribución Física, se realiza flujo logístico dando como entrada el producto final (etanol).

Análisis con gráfico Pareto de insumos en la producción de etanol.

Este análisis se realiza con todos los insumos secundarios necesarios para elaborar etanol.

Tabla 3.

Análisis Pareto de insumos en producción de Etanol, 2022.

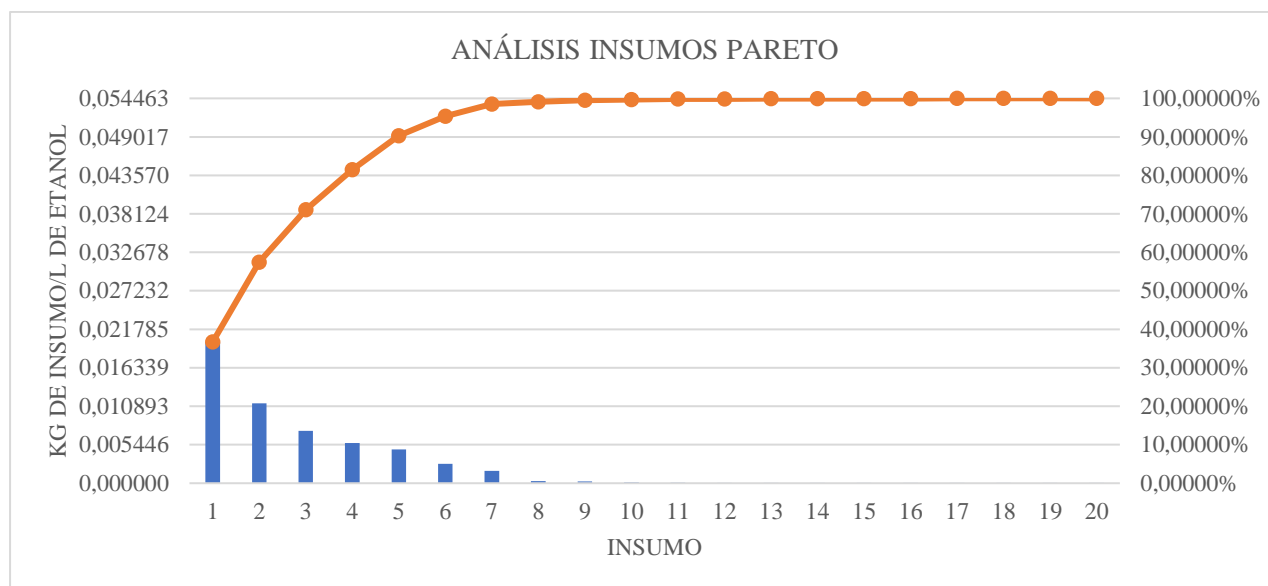
Análisis Pareto				
Insumos En Producción Del Etanol	Frecuencia Consumo-Kg /L	%	% Acumulado	Acumulado
Gasolina	0,020000	36,7221%	36,72209%	0,0200
Soda Caustica (50% W/W)	0,011305	20,7577%	57,47976%	0,0313
Cal Hidratada	0,007394	13,5762%	71,05599%	0,0387
Ácido sulfúrico	0,005694	10,4556%	81,51159%	0,0444
Urea Granulada	0,004766	8,7506%	90,26216%	0,0492
Ácido Fosfórico Al 55% A Granel	0,002760	5,0676%	95,32981%	0,0519
Miel B (Ton)	0,001737	3,1888%	98,51865%	0,0537
Antiespumante Orgánico	0,000310	0,5683%	99,08695%	0,0540
Nitrosos Micro Lq,	0,000233	0,4280%	99,51494%	0,0542
Dap Fosfato De Diamonico	0,000099	0,1826%	99,69754%	0,0543
Floculante Para Jugo De Caña	0,000083	0,1515%	99,84909%	0,0544
Levadura Alcohol Bol X 10kg. Ref.: Cat-1	0,000020	0,0364%	99,88553%	0,0544
Levadura Alcohol Bol X 10kg. Ref.: Pe-2	0,000020	0,0364%	99,92197%	0,0544
Sulfato De Magnesio	0,000010	0,0182%	99,94020%	0,0544

Sulfato De Manganeseo	0,000010	0,0182%	99,95842%	0,0544
Lactostab	0,000010	0,0182%	99,97657%	0,0545
Sulfato De Zinc	0,000007	0,0121%	99,98872%	0,0545
Antibiótico – Penicilina	0,000003	0,0057%	99,99444%	0,0545
Antibiótico – Virginiamicina	0,000002	0,0030%	99,99743%	0,0545
Antibiótico Monensina Sódica	0,000001	0,0026%	100,00000%	0,0545

Nota: Elaboración propia, 2022, análisis Pareto de insumos para elaborar el etanol de acuerdo con su frecuencia de consumo.

Figura 3.

Relación Pareto de insumos secundarios para el Etanol, 2022.



Nota: elaboración propia, 2022, relación Pareto de insumos para elaborar etanol.

De acuerdo con el análisis del gráfico de Pareto realizado a los insumos secundarios para la elaboración del etanol se determina que el 20 % de los insumos (Gasolina, Soda Caustica, Cal Hidratada y Ácido Sulfúrico), representan el 80% del producto final (litro de etanol),

discriminando la materia prima caña de azúcar por su alto porcentaje respecto a los insumos secundarios.

Para describir los procesos logísticos en la elaboración del etanol, se incluyen dos insumos que no alcanzaron a ser analizados dentro del principio de Pareto (Urea, y Ácido Fosfórico) por su bajo porcentaje de consumo en esta industria; sin embargo, su implementación representa un alto impacto ambiental que afecta la sostenibilidad. Por ello, al representar el flujo logístico con los seis insumos más consumidos en la elaboración del etanol, se crea un espectro amplio para determinar con rigurosidad puntos críticos que ameritan estrategias de logística verde para ser controlados. Ver tabla 4.

Tabla 4.

Principales insumos para elaborar etanol y sus fichas de seguridad, 2022.

Insumos para elaborar etanol	Ficha de seguridad
Gasolina	Hoja de seguridad Gasolina. (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, 2015)
Soda Caustica (50% W/W)	Hoja de Seguridad Soda Caustica o Hidróxido de Sodio. (Carl Roth Corporation, 2022)
Cal Hidratada	Hoja de Seguridad Cal o Hidróxido de Calcio. (Carl Roth Corporation, 2022)
Ácido Sulfúrico	Hoja de Seguridad Ácido Sulfúrico. (Carl Roth Corporation, 2021)
Urea Granulada	Hoja de Seguridad Urea. (Carl Roth Corporation, 2021)

Nota: Elaboración propia, 2022. Principales insumos para elaborar el etanol.

Metodología RAPDTt para elaborar Flujo logísticos

Para realizar el flujo logístico de los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución física se implementa la metodología RAPDTt¹⁴, y en cada subproceso se mide entradas y salidas al siguiente proceso logístico. Adicional se analiza las salidas al medio (aire, agua, suelo) con el fin de identificar puntos críticos de cada proceso.

Proceso logístico de Aprovisionamiento.

Para el proceso logístico de aprovisionamiento se representa mediante tablas de análisis y diagramas el flujo logístico para el insumo primario Caña de azúcar y los insumos secundarios presentados en la tabla 4.

A continuación, en la tabla 5 se encuentra el análisis de flujo logístico para caña de azúcar cortada como entrada al proceso y la misma salida a producción, ya que no tiene ningún procesamiento y solo se da un almacenamiento dinámico, también se representan las salidas al medio ambiente. Seguidamente se encuentra la figura 4, flujo logístico de la caña.

¹⁴ Recepción, Almacenamiento, Procesamiento, Despacho, Transporte externo, transporte interno.

Tabla 5.*Análisis de flujo logístico para caña de azúcar, 2022.*

Subproceso logístico	CAÑA DE AZUCAR				
	Recepción (R)	Almacenamiento dinámico (t, A, P)			Despacho y transporte externo (D, T)
Entrada	Se recibe la caña cortada junto con materia extraña ¹⁵ orgánica y mineral.	Traslado en vagones.	Se registra el peso por vagón y se toma una muestra de cada lote de caña cortada para análisis de calidad	Continúa el traslado en vagones.	Se realiza traslado hasta el inicio del proceso de producción (preparación y extracción de jugo).
	Siguiente proceso	Caña cortada a producción			
Salida	Aire	Descomposición microbiana que libera metano (CH ₄), dióxido de carbono (CO ₂), así como ácidos orgánicos y amoníaco.	Se sigue generado metano (CH ₄), dióxido de carbono (CO ₂), así como ácidos orgánicos y amoníaco.		
	Agua	Lixiviados que genera la caña			
	Suelo	Sedimentación producto del corte y la recolección de la caña.			

¹⁵Material no industrializable que acompaña a la caña de azúcar, representado principalmente por hojas (secas y verdes), cogollos, tallos inmaduros (mamones), tallos secos, restos de cepas y tierra.

Nota: Elaboración propia, 2022. Los elementos que representan mayor impacto en el flujo logístico de la caña son los lixiviados que se generan en el almacenamiento dinámico, los sedimentos y la generación de CH_4 y CO_2 , por descomposición microbiana.

Figura 4.

Flujo Logístico de la caña, 2022.



Nota: Elaboración propia, 2022, Flujo Logístico de la caña.

Usando el mismo método de revisión, a continuación, se presenta el análisis de la gasolina en el proceso de aprovisionamiento como insumos secundarios, describiéndose su salida al siguiente proceso y los efectos al medio ambiente.

Tabla 6.*Análisis de flujo logístico para gasolina, 2022.*

Subproceso logístico	GASOLINA					
	Recepción (R)	Transporte interno (t)	Almacenaje (A)	Procesamiento de orden (P)	Despacho (D)	Transporte externo (T)
Entrada	Ingresada en camión a cisterna a bascula para registrar peso.	Camión cisternas descargado mediante manguera por gravedad al tanque.	Se almacena en un tanque de plástico polietileno.	Se recibe pedido de producción y se da orden de despacho. Se verifica que la cantidad solicitada exista.	Se realiza apertura de válvulas y se activa flujo eléctrico a las bombas.	Se transfiere mediante tubería impulsada por bombas eléctricas a tanques en producción.
	Siguiente proceso	Transferencia de gasolina a producción				
	Aire	Gases tóxicos (benceno, metano)				
Salidas	Desechos industriales	N/A	Equipos deteriorados y contaminados	N/A	Equipos deteriorados y contaminados	
	Agua	Gasolina				
	Suelo	Gasolina				

Nota: Elaboración propia, 2022. Los elementos con mayor impacto en el flujo logístico

de la gasolina son los gases como el benceno, y metano al aire, de igual forma la liberación de este insumo afecta al suelo y llega a canales de agua lluvia, haciendo más riguroso los procesos de tratamiento de agua.

Figura 5.

Flujo Logístico de la gasolina, 2022.



Nota: Elaboración propia, 2022, Flujo logístico de la gasolina.

Se replica el mismo método de análisis para definir el flujo logístico de los siguientes insumos (Soda Caustica, Cal Hidratada, Ácido Sulfúrico, Urea y Ácido fosfórico) en el proceso logístico de aprovisionamiento, representado en las tablas y diagramas que se encuentran en el **Anexo 1 (tabla 15, 16, 17, 18, 19 y figuras 9, 10, 11, 12, 13).**

El aprovisionamiento representa para la elaboración del etanol todo el ingreso de insumos necesarios para la producción. En el flujo logístico se determinan todas las salidas que causan impacto, concluyendo este proceso de aprovisionamiento de gran impacto negativo para el medio ambiente por el tipo de insumos que están involucrados y el riesgo que se asume en su manipulación.

Proceso logístico de Producción

Para el proceso logístico producción, ingresan los insumos primarios y secundarios, generando la transformación de los mismo en el producto final (etanol). A continuación, se

presenta el análisis del flujo logístico en la tabla 7 y luego el flujo logístico del proceso de producción en la figura 6.

Tabla 7.

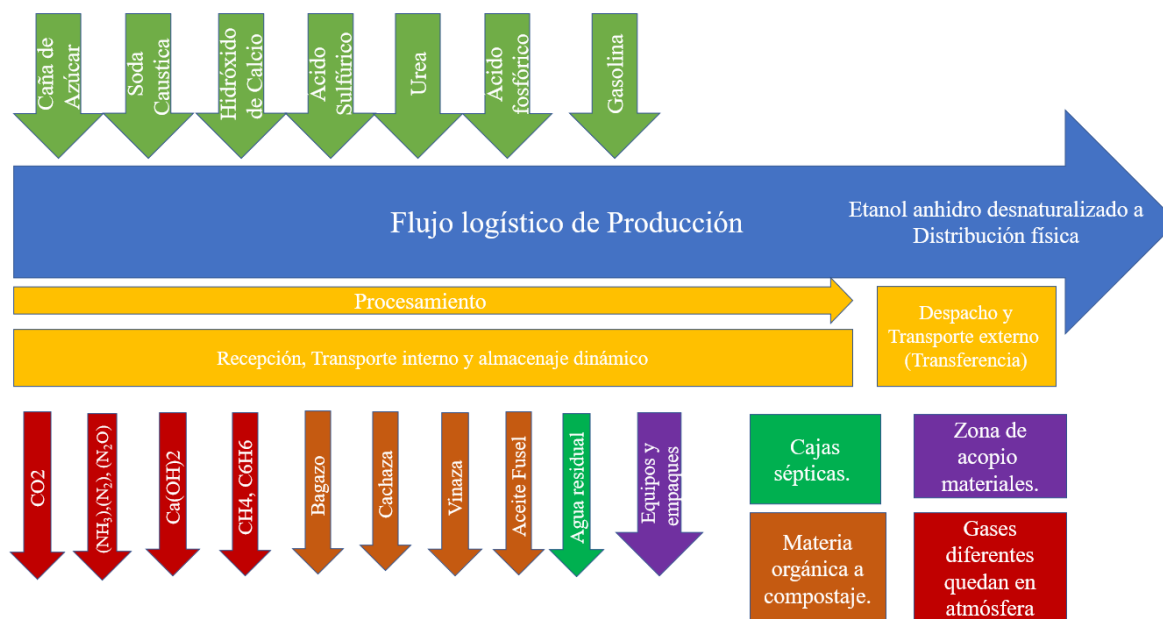
Análisis flujo logístico en producción de etanol, 2022.

Subproceso logístico	PRODUCCIÓN	
	Procesamiento (Recepción, transporte interno y almacenaje dinámico) (R, t, A)	Despacho y Transporte externo (D, T)
Entradas	De forma dinámica es recibida la materia prima e insumos para la transformación.	Se transfiere el Etanol mediante equipos de bombeo y tuberías.
Siguiente proceso	Etanol anhidro desnaturalizado a distribución física.	
Salidas	Al aire	Dióxido de Carbono (CO ₂), Amoníaco (NH ₃), Di nitrógeno (N ₂), Óxido di nitrógeno (N ₂ O), Material Particulado, Benceno (C ₆ H ₆), Metano (CH ₄)
	Desechos industriales	Equipos dañados y empaques de insumos contaminados.
	Agua	Agua Residual
	Suelo	Aceite fusel, Bagazo, Cachaza, Vinaza

Nota: Elaboración propia, 2022. Los elementos que representan un impacto negativo en la producción del etanol son los subproductos que salen de la transformación de insumos, dentro de los más representativos está el bagazo, cachaza, vinaza, aceite fusel, agua residual de proceso y los gases que se liberan al aire.

Figura 6.

Flujo Logístico para la producción del Etanol, 2022.



Nota: Elaboración propia, 2022, Flujo Logístico en producción de etanol.

La producción es uno de los procesos logísticos más complejos en la elaboración de etanol, dentro de los hallazgos se encuentra diferentes subproductos aprovechables, los cuales permiten elaborar nuevos productos como el compost y la energía, esto disminuye el impacto negativo convirtiendo el proceso más sostenible, adicional el sistema de tratamiento de aguas permite que se reúse el agua del proceso. Sin embargo, existen otras salidas como son los gases al aire, el aceite de fusel, y equipos deteriorados que son fuente de impacto negativo al medio, de acuerdo a los principios de logística verde.

Proceso logístico de Distribución física.

Este proceso se realiza bajo la misma metodología implementada para el aprovisionamiento y la producción. Se presenta en la tabla 8 el análisis de flujo logístico y en la figura 7, el flujo logístico para la distribución física.

Tabla 8.

Flujo Logístico para la distribución física de etanol, 2022.

Subproceso logístico	DISTRIBUCIÓN FÍSICA				
	Recepción (R)	Almacenaje (A)	Procesamiento (P)	Despacho (D)	Transporte externo (T)
Entradas	Transferencia de Etanol anhidro desnaturalizado a tanques.	Se recibe en tanques y se mantiene hasta orden de pedido.	Se recibe orden de pedido del cliente externo, se preparan los equipos necesarios.	Cargue de camión cisterna.	Sale el Etanol anhidro en camión cisterna hacia el cliente.
Siguiente proceso	Etanol anhidro desnaturalizado a cliente.				
Aire	CO2, vapores de Etanol				
Salidas	Desechos industriales				
	Equipos dañados, tuberías deterioradas				
	Agua		Etanol		
Suelo		Etanol			

Nota: Elaboración propia, 2022. El elemento que proporciona el mayor impacto en la

distribución física es el etanol, ya que se tienen un alto riesgo en todo su proceso de distribución y por su composición fisicoquímica.

Figura 7.

Flujo Logístico para la distribución física del Etanol, 2022.



Nota: Elaboración propia, 2022, Flujo Logístico para la distribución física del Etanol.

En la distribución física, el impacto negativo lo genera el producto final y los equipos involucrados en su manipulación, por su composición fisicoquímica requiere de mucha criticidad para evitar su liberación al medio principalmente al aire y la disposición de equipos deteriorados requiere de gran atención, ya que puede ser un factor altamente contaminante, que atenta contra los principios de la logística verde.

Análisis del proceso logístico y puntos críticos hallados que requieren potenciales condiciones de manejo regulatorio ambiental para la elaboración del etanol.

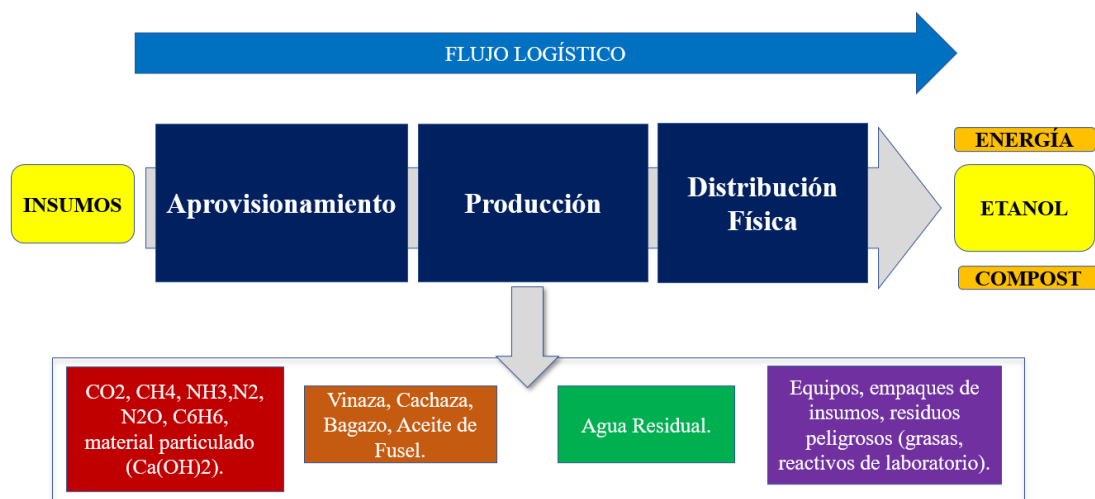
A partir del análisis de flujo logístico basado en el modelo RAPDTt realizado a los procesos logísticos aprovisionamiento, producción y distribución física, se determinan como salidas el producto principal (etanol), los subproductos de producción para la generación de compost (vinaza, cachaza) y energía con el bagazo de la caña, estos subproductos al no ser

aprovechados puede convertirse también en un residuo del proceso, adicional a estos se encuentran los insumos, gases generados en la transformación, agua residual, y equipos desechados en cada proceso. Todos estos residuos del proceso por su origen pueden ser aprovechables e incluidos dentro de un nuevo proceso productivo, este es el caso de la generación de compost y energía, sin embargo, al no ser consumidos en su totalidad pueden generar un alto impacto ambiental, por otra parte, encontramos materiales que por su naturaleza tienen difícil control, como son los empaques y equipos industriales contaminados. De acuerdo con este análisis y descripción de las salidas encontradas se determina que todo el conjunto de subproductos del proceso, insumos, empaques, maquinaria y equipos se convierten en puntos críticos de control y deben ser evaluados bajo criterios de logística verde y vigilados con la normatividad apropiada.

En la figura 8 se plasma la visión macro de cada proceso logístico y su impacto significativo al medio ambiente según el análisis que se acaba de mencionar, se muestran los puntos críticos que se presentan durante todo el flujo logístico en la elaboración de etanol y se tiene el resultado de esta primera fase del trabajo, teniendo el material para definir las normas medioambientales apropiada que aporte a esta industria.

Figura 8.

Flujo logístico con los procesos logísticos en elaboración de etanol, 2022.



Nota: Elaboración propia, 2022, flujo logístico del proceso logístico en la elaboración del etanol.

Tabla 9.

Tabla resumen de puntos críticos identificados en la elaboración de etanol, 2022.

Puntos críticos identificados en la elaboración del etanol		
Aprovisionamiento	Producción	Distribución física
Los puntos críticos son todas las salidas al medio ambiente que se presentan en los procesos logísticos de recepción, almacenamiento, procesamiento, despacho, transporte interno y externo.		
Dióxido de Carbono (CO ₂), Metano (CH ₄), Benceno (C ₆ H ₆), Material Particulado - Lixiviados que genera la caña- Equipos dañados y empaques de insumos contaminados.	Dióxido de Carbono (CO ₂), Amoníaco (NH ₃), Di nitrógeno (N ₂), Óxido di nitrógeno (N ₂ O), Material Particulado, Benceno (C ₆ H ₆), Metano (CH ₄) - Agua Residual- Aceite fusel, Bagazo, Cachaza, Vinaza- Equipos dañados, empaques de insumos contaminados, residuos peligrosos (grasas, reactivos de laboratorio).	Dióxido de Carbono (CO ₂) -Equipos dañados y contaminados.

Nota: Esta tabla resumen muestra los puntos críticos hallados durante el estudio de los procesos logísticos para elaborar etanol en la primera fase de la investigación.

Fase 2. Normatividad

Identificar los puntos críticos en el proceso logístico de elaboración del etanol mediante la metodología adaptada en la fase anterior.

A continuación, se organizan los puntos críticos identificados en cada proceso logístico de acuerdo con las salidas al medio ambiente, como se representa en la figura 8. “Flujo logístico con los procesos logísticos en elaboración de etanol, 2022”, y en tabla 9. “Tabla resumen de puntos críticos identificados en la elaboración de etanol, 2022”

Investigar y seleccionar la normatividad aplicada de acuerdo con el análisis de flujo logístico del etanol.

De acuerdo con el análisis del proceso logístico de la fase anterior y la tabla resumen, se puede definir de los puntos críticos identificados lo siguiente; consecuencias, repetición en el proceso, descripción del material y el destino. Una vez se organiza esta información se busca la reglamentación necesaria que debe aplicarse en cada caso para alcanzar el control y mitigar los efectos negativos que se están generando al medio ambiente. En las tablas 10, 11 y 12, que se encuentran a continuación se presenta una parte del ejercicio, para ver el ejercicio completo ver tablas 20, 21 y 22 que se encuentran en el anexo 2 al final del documento.

La información que se plasma en las tablas tiene como fin obtener el fundamento para elegir la normatividad adecuada en cada caso y que sea confiable la investigación, por esto se presenta un ejercicio detallado.

Tabla 10.

Puntos críticos en el proceso logístico de aprovisionamiento del etanol y normatividad aplicada, 2022.

Sistema Logístico	Consecuencia	PUNTOS CRÍTICOS						Descripción	Destino final	REGLAMENTACIÓN	
		R	A	P	D	T	T			Documento	Descripción.
Aprovisionamiento	Liberación de gases y material	x	x	x	x	x	x	CO2	Atmósfera	Resolución 909 de 2008	Por el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas.
	particulado al aire.	x	x	x	x	x	x	C6H6		Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO2 y otros gases. (Ley 1931, 2018).
		x	x	x	x	x	x	CH4		Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Decreto 948, 1995)
		x	x	x	x	x	X	NaOH		ISO 14001 versión 2015	Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. (International Organization for Standardization ISO 14001, 2015)

x	x	x	x	x	x	Ca (OH)2	Política para el mejoramiento de la calidad del aire del COMPES 2018	Política para el mejoramiento de la Calidad del Aire. La presente política propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización. (Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES, 2018)
x	x	x	x	x	x	NH3	Decreto 1076 de 2015	Actividades que necesitan permisos especiales para emisión atmosférica, entre ellas descarga de humos, gases o vapores, producción de combustibles. (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)
x	x	x	x	x	x	N2		
x	x	x	x	x	x	N2O		
x	x	x	x	x	x	H3PO4		

Nota: Elaboración propia, 2022, ejemplo de proceso logístico de aprovisionamiento del etanol y normatividad aplicada.

Tabla 11.

Puntos críticos en el proceso logístico de producción del etanol y normatividad aplicada, 2022.

Sistema Logístico	Consecuencia	PUNTOS CRÍTICOS						Descripción	Destino final	REGLAMENTACIÓN	
		R	A	P	D	T	T			Documento	Descripción.
Producción	Liberación de gases y material particulado al aire.	x	x	x				Ca (OH) ₂	Atmósfera	Resolución 909 de 2008	Por el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas.
		x	x	x	x		x	CO ₂		Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO ₂ y otros gases. (Ley 1931, 2018).
			x	x	x		x	CH ₄		Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Decreto 948, 1995)
			x	x	x		x	NH ₃		ISO 14001 versión 2015	Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. (International

					Organization for Standardization ISO 14001, 2015)	
x	x	x	x	N2	Política para el mejoramiento de la calidad del aire del COMPES 2018	Política para el mejoramiento de la Calidad del Aire. La presente política propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización. (Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES, 2018)
x	x	x	x	N2O	Decreto 1076 de 2015	Actividades que necesitan permisos especiales para emisión atmosférica, entre ellas descarga de humos, gases o vapores, producción de combustibles. (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)
	x	x	x	C6H6		

Nota: Elaboración propia, 2022, ejemplo proceso logístico de producción del etanol y normatividad aplicada.

Tabla 12.

Puntos críticos en el proceso logístico de distribución física del etanol y normatividad aplicada, 2022.

Sistema Logístico	Consecuencia	PUNTOS CRÍTICOS						Descripción	Destino final	REGLAMENTACIÓN	
		R	A	P	D	T	T			Documento	Descripción.
Distribución física	Liberación de gases al aire.	x	x	x	x	x	x	CO2	Atmósfera	Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO2 y otros gases. (Ley 1931, 2018).
		x	x	x	x	x	x	C2H5OH		ISO 14001 versión 2015	Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. (International Organization for Standardization ISO 14001, 2015)

Nota: Elaboración propia, 2022, ejemplo proceso logístico de distribución física del etanol y normatividad aplicada.

Mediante el ejercicio realizado en las tablas (10, 11 y 12), se reconoce normatividad que permite ejercer control sobre los puntos críticos ya identificados en la primera fase de la investigación, estos documentos normativos se presentan a continuación.

Tabla 13.

Normatividad que aplica a las condiciones de manejo regulatorio ambiental en los puntos críticos presentes en la elaboración del etanol, 2022.

Normatividad medioambiental	
Documento	Descripción
Resolución 909 de 2008	Po Por el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2008).
Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO2 y otros gases. (El congreso y Ministerio de medio ambiente de la Republica Colombia, 2018)
Resolución 0631 de 2015	"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones". (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)
Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Decreto 948, 1995)
ISO 14001 versión 2015	Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. (International Organization for Standardization ISO 14001, 2015)
Política para el mejoramiento de la calidad del aire del COMPES 2018	Política para el mejoramiento de la Calidad del Aire. La presente política propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización. (Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES, 2018)
Decreto 1076 de 2015	Actividades que necesitan permisos especiales para emisión atmosférica, entre ellas descarga de humos, gases o vapores, producción de combustibles. (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)
Decreto 1287 de 2014	Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. (Presidencia de la República de Colombia, 2014)

Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. (Presidencia de la República de Colombia, 2005)
Resolución 1362 de 2007	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)
Decreto 2412 del 2018	"Incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT), conforme a lo establecido en el artículo 88 de la Ley 1753 del 2015, y, en consecuencia, definió la manera en que se realizará su cálculo, facturación, recaudo, asignación y uso de recursos, así como su seguimiento y control en todo el territorio nacional". (Presidencia de la República de Colombia, 2018)
Resolución 00375 de 2004	Por la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2004)
Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. (Congreso de la República de Colombia, 2001)
Ley 1715 de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. (Congreso de la República de Colombia, 2014)

Nota: En esta tabla se relacionan 15 documentos normativos seleccionados para la investigación que tienen carácter medioambiental.

Una vez hallada la reglamentación, se identificó que hay normatividad integral en donde se incluyen varios de los puntos críticos identificados, en la mayoría de los casos los que involucran la conservación del aire y mitigación del efecto invernadero, de los cuales se tienen gran parte de puntos críticos. Adicional hay reglamentación internacional que permite mejorar y optimizar a nivel estratégico, de esta manera se integra para corregir el punto crítico desde la planeación hasta la operación.

Fase 3. Ordenar normatividad

Estructurar la normatividad, para fácil evaluación de los puntos críticos.

Al tener definidas las fases anteriores se organiza la reglamentación, de manera que se presente la normatividad y los diferentes puntos críticos que aplican a para ejercer control, esto con fin de tener un resultado más práctico y claro al terminar el documento, por ello, se diseña una tabla con la estructura de normas y su respectivo alcance según criterios medioambientales. A continuación, se presenta parte de la información en la tabla 14, para ver completa ir a tabla 23 en anexo 3.

Tabla 14.*Normatividad aplicada al proceso logístico del Etanol.*

Norma	Descripción	Elemento de salida	Destino	Manipulación	Aprovisionamiento		Producción		Distribución Física		Observaciones											
					R	A	P	D	T	T		R	A	P	D	T	t					
Resolución 909 de 2008	Por el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2008).	C02	Atmósfera	Hoja de Seguridad Dióxido de Carbono (AIR Products, 2017)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Nota: Elaboración propia, 2022, normatividad aplicada a proceso logístico de elaboración del etanol.

La tabla anterior se define de la siguiente manera; se coloca la norma seleccionada con su respectiva descripción, el elemento que está saliendo del proceso, el destino de este, la forma como se puede manipular, y las diferentes partes del proceso logístico en donde se presenta como punto crítico. Esta tabla se construye para especificar la normatividad que regula el proceso logístico en donde se genera un punto crítico a partir de la salida de elementos que causan efecto negativo al medio ambiente.

Es importante mencionar que en el desarrollo de esta última fase de trabajo se recopila y resume el resultado de las fases anteriores, mostrando 15 documentos normativos que incluyen aspectos ambientales y los puntos críticos encontrados en el proceso logístico de elaboración del etanol.

Después de esta investigación, se determina que gran cantidad de procesos logísticos que se ejecutan en las industrias pueden llegar en algún momento a afectar al medio ambiente y al cumplimiento de la sostenibilidad, por ello, este proyecto se convierte en recurso para nuevas investigaciones en temas como, la producción sostenible, logística verde e inversa, economía circular, entre otros, así como también se puede adaptar cualquiera de los métodos utilizados durante el proyecto (HACCP, RAPDTt y principio Pareto). Por otra parte, las empresas que producen etanol ahora tienen una fuente de apoyo no solo con normatividad, sino que, además, pueden evaluar y buscar nuevas estrategias para optimizar sus procesos logísticos con el apoyo de la metodología implementada en el desarrollo de la investigación, y gracias a los métodos utilizados podrán sacar gran ventaja sobre otras empresas.

Conclusiones

Este proyecto se caracterizó por la búsqueda de normatividad medioambiental aplicada a la elaboración de etanol y el cumplimiento a los principios de la logística verde. Basados en estos principios, se evaluó los procesos logísticos y con apoyo del método RAPDTt se estableció dentro del flujo logístico del etanol las variables de entrada y salida determinantes para reconocer los puntos críticos e identificar la normatividad apropiada que actúe bajo principios de logística verde.

Para poder encontrar el compendio de normas medioambientales que regularán la logística verde en la elaboración de etanol, fue de gran importancia conocer las empresas productoras de etanol, y analizar su proceso logístico dado que estas empresas tienen gran influencia para el desarrollo económico, social y ambiental de la nación. Convirtiéndose en un reto proponer una metodología de trabajo que permitiera identificar el flujo logístico para elaborar etanol bajo principios de logística verde e incluir este flujo logístico en todos los procesos logísticos.

El método Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP), es utilizado en la industria de los alimentos, y se decide adaptar a esta investigación, de acuerdo con esa estructura objetiva y operativa que tiene para identificar y controlar, con el fin de tener una metodología completa que permitiera llegar a encontrar puntos críticos de control en la elaboración del etanol y dar solución al problema propuesto. El método RAPDTt nos permitió plantear la ruta para desarrollar el proyecto, de acuerdo con su practicidad se definió los subprocesos para diseñar el flujo logístico, y así plasmar los puntos críticos de control identificados por cada proceso logístico.

Al encontrarse los puntos críticos en la primera fase de la investigación se pudieron definir las normas apropiadas para hacer el control y se representaron en la segunda fase, sin embargo, se creó la necesidad de mostrar resultados más claros y prácticos para cualquier lector que quiera aprovechar esta investigación, de acuerdo a esto se organizó en la fase 3 la documentación normativa que permitirá regular los procesos logísticos en donde se encontraron los puntos crítico, dejando fácil accesos a las normas relacionadas.

Los métodos implementados en el desarrollo de esta monográfica pueden ser utilizados en cualquier proceso logístico empresarial e incluso en la vida cotidiana, ya que de forma muy practica se puede describir un flujo logístico bajo el ciclo PHVA¹⁶ para controlar factores de gran importancia como son tiempo, recursos, e impactos al medio ambiente y la sociedad que pueden afectar cualquier actividad económica.

Durante el proceso de investigación se presentaron dificultades al momento de encontrar fuentes confiables que brindarán información respecto a la industria del etanol, principalmente en el proceso logístico, por ellos fue necesario buscar en páginas oficiales de las empresas colombianas mencionadas en el marco referencial y aprovechar este contenido junto con autores de libros y artículos de gran reconocimiento por su investigación en bioetanol, para entender su proceso de forma general, y elegir una metodología de estudio que nos permitirá encontrar como aclarar era incertidumbre que se planteó en el problema propuesto.

¹⁶ Planear, Hacer, Verificar, Actuar.

Bibliografía

- AIR Products. (2017). *Ficha de Seguridad de Dioxido de Carbono*. AIR Products.
<https://microsites.airproducts.com/es/selector-gases-soldadura/pdf/SDS/CO2.pdf>
- Alexis Alonso-Gómez, A. B.-P. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7). Retrieved 2022, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967
- Andrea. (19 de 07 de 2019). *Educadictos*. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN I: LA APARICIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN SERIE: <https://www.educadictos.com/aparicion-de-la-produccion-en-serie/>
- Ángela Viviana Bohórquez Lozano, D. C. (2020). *Cuantificación y análisis de Gases de Efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida del Etanol obtenido de la caña de azúcar, con base en las directrices del IPCC 2006. Caso de estudio Ingenio Providencia S.A.* Trabajo de grado, Universidad de La Salle.
https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1246&context=in_g_ambiental_sanitaria
- Anna M. Gil-Lafuente, L. B. (2011). Los desafíos para la sostenibilidad empresarial en el siglo XXI. *Revista Galega de Economía*, 20(2), 1-22. Retrieved 2022, from https://www.researchgate.net/publication/237034018_Los_desafios_para_la_sostenibilidada_empresarial_en_el_siglo_XXI
- Archivo General de la Nación - AGN. (2021). *Archivo General de la Nación*.
<https://normativa.archivogeneral.gov.co/inicio/acuerdos/>

Archivo General de la Nación – AGN. (2022). *Leyes*.

<https://normativa.archivogeneral.gov.co/inicio/leyes/>

Arriols, E. (10 de Agosto de 2020). *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-energia-biomasa-y-para-que-sirve-1072.html>

Arteaga, P. M. (2016). Aplicaciones del alcohol etílico. *Con-Ciencia Boletín Científico De La Escuela Preparatoria*, 3(5).

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/1725>

Arteaga, P. M. (2016). APLICACIONES DEL ALCOHOL ETÍLICO. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.

Bioenergy S.A. (2017). *Informe de sostenibilidad*.

campo, A. (2017). *teoría de los conflictos Johan Galtung*.

Cardona, D., Rodríguez, C., Del Río, J. L., Balza, V., Redondo, J. M., Ibarra Vega, D. W., . . .

Romero, J. (2019). *Logística y cadena de suministro: Aproximaciones teórico-prácticas*.

CECAR.

<https://doi.org/https://libros.cecar.edu.co/index.php/CECAR/catalog/download/50/108/1301-1?inline=1>

Carl Roth Corporation. (2015). *Ficha de Seguridad Etanol*. Carl Roth Corporation.

Carl Roth Corporation. (2021). *Ficha de Datos de Seguridad*. Carl Roth Corporation.

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-9897-ES->

[ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNzIwNDZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMGQvaDRjLzkwMzQxOTYzNTMwNTQucGRmfDQ2NDNIN2ZmMWQzZjcwNDFmNDRjYWExZWUwMDI5ZjkyZjIyZWVjN2FjMWFhNjAwMGZlNTFk](https://www.carlroth.com/medias/SDB-9897-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNzIwNDZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMGQvaDRjLzkwMzQxOTYzNTMwNTQucGRmfDQ2NDNIN2ZmMWQzZjcwNDFmNDRjYWExZWUwMDI5ZjkyZjIyZWVjN2FjMWFhNjAwMGZlNTFk)

Carl Roth Corporation. (2021). *Ficha de Datos de Seguridad Ácido Fosfórico*. Carl Roth

Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6366-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMTg0OTh8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYmMvaGFILzkwMzQ4MDI4MjMxOTgucGRmfGVjMjRlNjMzZGQ4NGI1N2I0ODRhZTE0YWU2NGYyZWFlZGJmZTkwyY2JjOTdkZDdjNjgyY2M4

Carl Roth Corporation. (2021). *Ficha de Datos de Seguridad Ácido Ortofosfórico*. Carl Roth

Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6366-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMTg0OTh8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYmMvaGFILzkwMzQ4MDI4MjMxOTgucGRmfGVjMjRlNjMzZGQ4NGI1N2I0ODRhZTE0YWU2NGYyZWFlZGJmZTkwyY2JjOTdkZDdjNjgyY2M4

Carl Roth Corporation. (2021). *Ficha de Datos de Seguridad Acido Sulfúrico*. Carl Roth

Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-X946-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMjMwOTZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYTcvaDgxLzkwNDAxOTAzMDgzODIucGRmfDlhMzhhMWM2ZjYxZmUxNGEwMmI4NjZiZDQ5ZTFmMjc1ODkwMDUzOTUzYzNjNjQ4MzdiZGJh

Carl Roth Corporation. (2021). *Ficha de Seguridad Amoníaco en solución*. Carl Roth

Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-9897-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNzIwNDZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMGQvaDRjLzkwMzQ4MDI4MjMxOTgucGRmfGVjMjRlNjMzZGQ4NGI1N2I0ODRhZTE0YWU2NGYyZWFlZGJmZTkwyY2JjOTdkZDdjNjgyY2M4

xOTYzNTMwNTQucGRmfDQ2NDNIN2ZmMWQzZjcwNDFmNDRjYWExZWUwM
DI5ZjkyZjIyZWVjN2FjMWFhNjAwMGIzNTFk

Carl Roth Corporation. (2021). *Información de seguridad voluntaria apoyándose en el formato de ficha de datos de seguridad conforme al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH).*

Carl Roth Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-7638-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMzUwMjl8YXB
wbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZDAvaDJIzLzkwNTQ0
MjQ0MzI2NzAucGRmfDkxNTczZmUzYmJlYjhmYjA0YTYzMDg2OGFIZTUzYzY4
MDCxZWl4NDNA5YWNjNGVINjdhZWl4

Carl Roth Corporation. (2022). *Ficha de Datos de Seguridad Hidroxido de Calcio.* Carl Roth

Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-KK03-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNjM3Mjh8YXBw
bGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oN2UvaDczLzkwNzA1Nj
Y3MDMxMzQucGRmfDNhNDQxZDgwZTU5YWlzMjhlNjQ5NDIyN2UwNWRmZmFj
MTljMWE1OGZlZWVjN2ZjOWE2NzZl

Carl Roth Corporation. (2022). *Ficha de Datos de Seguridad Hidroxido de Sodio.* Carl Roth

Corporation. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6771-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyOTcwMDF8YXB
wbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZGQvaGRkLzkwNjk5
NzE2MzYyNTQucGRmfDFlYTgzNWQ2OWQ0OGIwYmFkYzU1YTg0NzgyYWRmO
DRmOWFIZWU0M2FhZDhiNzI0MTE0ZjUx

Carl Roth Corporation. (2022). *Ficha de Seguridad Benceno.* Carl Roth Corporation.

https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/7/SDB_7173_ES_ES.pdf

Centro de Información de Sustancias Químicas, Sistema – ARP Sura . (06 de 12 de 2011).

Manipulación y almacenamiento de materiales inflamables y combustibles.

ALMACENAMIENTO SEGURO DE ALCOHOL.

CEPAL, C. C. (2008). <https://www.un.org/es/>. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3638>

Comision-Brundtland. (1987). *Nuestro futuro común: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Retrieved 2022, from

https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMA-D-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 17 15 de 2014*. Congreso de la República de Colombia. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Congreso de la República de Colombia. (2001). *Ley 697 de 2001*. Congreso de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449>

Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES. (2018. 31 de Julio). *POLÍTICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES.

Consorcio CUE. (Enero de 2012). Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de Biocombustibles en Colombia. Medellín. Retrieved 2022, from

https://www.researchgate.net/profile/Marcel-Gauch/publication/233739534_Evaluacion_del_ciclo_de_vida_de_la_cadena_de_produccion_de_biocombustibles_en_Colombia_CapII_Estudio_ACV_-_Impacto_Ambiental/links/0f3175358c120139ea000000/Evaluacion-del-ciclo-de-vid

Constitución Política de Colombia [Const]. (7 de julio de 1991). *Artículo 63*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>

- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR. (2015). *Hoja de Seguridad Gasolina Automotor*.
<https://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/Hojas%20de%20Seguridad/HS%20Gasolina%202015.pdf>
- Danny Ibarra, J. M. (2013). Modelación de aspectos ambientales en la cadena de suministro del bioetanol. *Revista Ingeniería Industrial*, 12(2).
<https://doi.org/http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/13/3258>
- Diego Cardona Abelález, C. A. (s.f.). Gestión Sistémica de Cadenas de Suministro. CECAR. Retrieved 2022, from
<https://libros.cecar.edu.co/index.php/CECAR/catalog/view/50/108/1304-1>
- El congreso de Colombia y Ministerio de medio ambiente. (2018, 24 de Julio). *Ley 1931 de 2018. Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático*. Pagina web oficial del ministerio de medio ambiente.
<https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/ley-1931-de-2018/>
- EUROPEA, E. P. (2015). *DIRECTIVA (UE) 2015/1513 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO*.
- Fabio Emilio Forero, J. P. (2010). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 13(1).
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a09.pdf>
- Fedecombustibles. (2022). Demanda de biocombustibles en Colombia cierra el primer semestre de 2022 en positivo. <https://fedebiocombustibles.com/2022/08/29/la-demanda-del-biodiesel-en-el-pais-cerro-con-aumento-del-13-y-la-de-bioetanol-con-9/>

Figueiras, S. (03 de Marzo de 2021). *SOUPE*. ¿QUÉ ES UNA CADENA DE SUMINISTROS?:

<https://www.ceupe.mx/blog/que-es-una-cadena-de-suministro.html#:~:text=Una%20cadena%20de%20suministro%20es,de%20bienes%20consumo%20o%20servicios>.

Francisco, I. A. (Julio de 2020). *El papel de la agricultura en la reactivación económica*.

Agrinotas: <http://agrinotas.com/?p=3826>

Gil, A., & Barcellos, L. (2010). Los Desafíos para la Sostenibilidad Empresarial en el Siglo XXI.

Revista Galega de Economía, 1. <https://www.redalyc.org/pdf/391/39121262007.pdf>

Glenister, D. (2011). Entendiendo La Producción Sostenible De Biocombustibles: Directiva De

La Ue Sobre Energías Renovables E Iniciativas Internacionales Para Verificar La

Sostenibilidad. *SGS S.A.* [https://www.sgs-latam.com/es-es/news/2011/07/produccion-](https://www.sgs-latam.com/es-es/news/2011/07/produccion-sostenible-de-biocombustibles)

[sostenible-de-biocombustibles](https://www.sgs-latam.com/es-es/news/2011/07/produccion-sostenible-de-biocombustibles)

Glenister, D., & Nunes, V. (2011). ENTENDIENDO LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE BIOCMBUSTIBLES: DIRECTIVA DE LA UE SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES E INICIATIVAS. *SGS*.

<https://doi.org/https://www.sgs.com/~media/Global/Documents/White%20Papers/sgs-biofuel-whitepaper-a4-es-11-v1.ashx>

Gomez, A., & Perez, B. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades.

González Silva, J. C., & Vásquez Bernal, O. A. (2021). Método referencial de operaciones

básicas para el manejo del flujo logístico en pequeñas empresas latinoamericanas. *El*

RAPDTt. Documentos De Trabajo ECBTI, 2(2), 4.

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/5584>

- Héctor Pistonesi, G. N. (2008). *Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe*. Publicación de las Naciones Unidas.
https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/aporte_de_los_biocombustibles_a_la_sustentabilidad_del_desarrollo-chile_0.pdf
- Ibarra Vega, D., & Olivar Tost, G. (2018). Aproximación Sistémica de la Sostenibilidad en la producción de Bioetanol. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 9(1), 116–126.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22490/21456453.2042>
- Ibarra, D., Redondo, J. M., & Fajardo, C. (2013). MODELACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LA CADENA DE SUMINISTRO DEL BIOETANOL. *Revista de ingeniería Industrial*, 12(2), 79- 93.
- Ibarra, R., & León, L. (2018). Ciencia en su PC. *CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-FÍSICA DE VINAZAS DE DESTILERÍAS*. Cuba.
- Incauca SAS. (2020). *Informe de Sostenibilidad 2019-2020*. <https://www.incauca.com/wp-content/uploads/2020/06/Informe-sostenibilidad-Incauca-2018-2019.pdf>
- Ingenio Manuelita. (2020). *Informe de sostenibilidad*. <https://www.manuelita.com/manuelita-noticias/manuelita-presenta-su-informe-de-sostenibilidad-2019-2020/>
- International Organization for Standardization ISO 14001. (2015). *ISO 14001*. International Organization for Standardization ISO 14001.
- Jiménez, E. R. (2005).
<https://doi.org/https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2005/22/1/BA002201OR011-019.pdf>

- José Alfredo Rosas Barajas, A. A. (2018). Analysis of bioethanol and biodiesel supply chains in Mexico: Case Studies. *Nova Scientia*, 10(20), 13-29.
<https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1145>
- Lagos, E., & Castro, R. (2019). Agronomía Mesoamericana. *Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes*. Costa Rica.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2004). *Resolución 00375*. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/0b26d8aa-9460-41d8-b176-b2c976986d72/Resolucion-375-del-27-de-febrero-de-2004-Por-la-cu.aspx>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 631 de 2015*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 02 de Agosto). *Resolución 1362 de 2007*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevdt_1362_2007.htm
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2008, 05 de Octubre). *RESOLUCIÓN NÚMERO 909 - Por la cual se establecen las normas y est ándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones*. Página web oficial Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-909-de-2008.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente . (2015. 26 de Mayo). *Decreto 1076*. Pagina Oficial Ministerio de Medio Ambiente .

Ministerio de medio ambiente. (1995,05 de junio). *Decreto 948*. Pagina oficial Ideam.

<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527621/Decreto+948+de+1995.pdf/670a0603-4d1f-454f-941e-08e6ba70666d>

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Políticas Públicas Ambientales*.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

<https://www.minambiente.gov.co/planeacion-y-seguimiento/politicas-publicas-ambientales/>

Nava Chacin, J. C. (2015). *Circular, Logística Verde y Economía*.

[http://www.spentamexico.org/v10-n3/A7.10\(3\)80-91.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A7.10(3)80-91.pdf)

Nava Chacin, J. C., & Abreu Quintero, Y. J. (2015). Logística Verde y Economía Circular .

Daena: International Journal of Good Conscience, 10(3), 80 - 91 .

[https://doi.org/http://www.spentamexico.org/v10-n3/A7.10\(3\)80-91.pdf](https://doi.org/http://www.spentamexico.org/v10-n3/A7.10(3)80-91.pdf)

Noega Systems. (2016). *Logística y cadena de suministro*. Noega Systems :

<https://www.noegasystems.com/blog/logistica/logistica-y-cadena-de-suministro#:~:text=Definimos%20la%20log%C3%ADstica%20como%20una,origen%20hasta%20el%20consumidor%20final.>

<https://www.noegasystems.com/blog/logistica/logistica-y-cadena-de-suministro#:~:text=Definimos%20la%20log%C3%ADstica%20como%20una,origen%20hasta%20el%20consumidor%20final.>

NORMA TECNICA COLOMBIANA. (03 de Septiembre de 2015). *SISTEMAS DE GESTIÓN*

AMBIENTAL REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO, Segunda.

https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015

ONU, C. M. (1987). *Informe de Brundtland*.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2009). *DIRECTIVA 2009/28/CE DEL*

PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO.

Praxair Inc. (2009). *Ficha de Datos de Seguridad del Metano*. Praxair Inc Mexico.

<https://www.linde.mx/-/media/corporate/praxair-mexico/documents/safety-data-sheets/metano-hds-p4618f-2009.pdf>

Praxair Inc. (2016). *Ficha de Seguridad Dinitrogeno*. Praxair Inc. <https://www.linde.ar/-/media/corporate/praxair-argentina/documents/hojas-de-datos-de-seguridad/hdsp-nitrogeno-gaseoso.pdf>

Praxair Inc. (2016). *Hoja de Datos de Seguridad Oxido Nitroso*. Praxair Inc.

<https://www.linde.mx/-/media/corporate/praxair-mexico/documents/safety-data-sheets/oxido-nitroso-medipure-hds-p4636-2014.pdf>

Presidencia de la Republica de Colombia. (2005, 30 de Diciembre). *Decreto 4741*. Presidencia de la Republica de Colombia. <https://minvivienda.gov.co/normativa/decreto-4741-2005#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20reglamenta,marco%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20integral>.

Presidencia de la Republica de Colombia. (2014,10 de Julio). *Decreto 1287 de 2014*. Presidencia de la Republica de Colombia. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1259502>

Presidencia de la República de Colombia. (2017, 02 de Noviembre). *Decreto 1784 de 2017*. Presidencia de la República de Colombia. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30034262>

Presidencia de la República de Colombia. (2018). *DECRETO 2412 DE 2018*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=89969>

- Quintero Solano, C. M. (2020). *Diseño de un modelo de logística verde para la empresa Red Integradora S.A.S. Redservi*. Fundación Universidad de América.
- Resolución No. 1565. Ficha técnica de la norma. (2012).
https://doi.org/https://servicios.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas_hidrocarburos.jsp?parametro=728&site=17
- Reyna García Torres, E. R. (2011). USO DE CACHAZA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS EN SUELO CONTAMINADO. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 27(1), 31-19.
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/23837>
- Rio Paila Castilla SAS. (2021). *Informe de sostenibilidad y gestión 2021*. <https://www.riopaila-castilla.com/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-Sostenibilidad-2021-Riopaila-Castilla.pdf>
- Roldán, C., & CEPAL. (Marzo de 2007). Utilización del bioetanol para apoyar el desarrollo sustentable de América Central. *DETERMINACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y LA LOGÍSTICA DE CANALES DE DISTRIBUCIÓN DEL ETANOL Y EL GASOHOL EN EL SALVADOR Y GUATEMALA*. México.
- Sistema único de información normativa. (2022). *Tratados Internacionales*. <https://www.suin-juriscal.gov.co/legislacion/tratadosInternacionales.html#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Convenci%C3%B3n,que%20sea%20su%20denominaci%C3%B3n%20particular.%22>
- Solano, C. M. (07 de Febrero de 2020). *Diseño de un modelo de logística verde para la empresa Red Integradora S.A.S. Redservi*. Tesis Maestría, Fundación Universidad de América.
<https://hdl.handle.net/20.500.11839/7837>

Trujillo, E. (02 de Febrero de 2022). *Economipedia*.

<https://economipedia.com/definiciones/regulacion.html>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (s.f.). *NORMATIVIDAD AMBIENTAL Y SANITARIA*. UPME.

http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1__NORMATIVIDAD_GENERAL

Zabed, Sahu, Boyce, & Faruq. (2016). Fuel ethanol production from lignocellulosic biomass: An overview on feedstocks and technological approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Anexos

Anexo 1.

Tablas con análisis y figuras con el flujo logístico para los insumos en el proceso de aprovisionamiento.

Tabla 15.

Análisis de Flujo Logístico soda caustica, 2022.

Subproceso logístico	SODA CAUSTICA (NaOH)						
	Recepción (R)	Transporte interno (t)	Almacenaje (OA)	Picking (P)	Despacho (D)	Transporte externo (T)	
Entrada	Ingresa transportada en camión cisterna a bascula para registra peso.	Camión cisternas descargado mediante manguera por gravedad al tanque.	Se almacena en un tanque de plástico polietileno.	Se recibe pedido de producción y se da orden de despacho. Se verifica que la cantidad solicitada exista.	Se realiza apertura de válvulas y se activa flujo eléctrico a las bombas.	Se transfiere mediante tubería impulsada por bombas eléctricas a tanques en producción.	
Siguiente proceso	Transferencia de soda caustica a producción						
Salidas	Aire	NaOH					
	Suelo	NaOH					
	Desechos industriales	N/A	Equipos deteriorados y contaminados.	Equipos deteriorados y contaminados.	Equipos deteriorados y contaminados.	N/A	Equipos deteriorados y contaminados.
	Agua	Gases tóxicos					

Nota: Elaboración propia, 2022. Los elementos que causan mayor impacto en el flujo

logístico de la soda cáustica, es su liberación al medio por su toxicidad, y los equipos deteriorados que deben ser desechados.

Figura 9.

Flujo Logístico de la Soda Caustica, 2022.



Nota. Elaboración propia, 2022, Flujo Logístico para soda cáustica.

Tabla 16.*Análisis de flujo logístico para hidróxido de calcio, 2022.*

Subproceso logístico	HIDRÓXIDO DE CALCIO (CAL HIDRATADA)					
	Recepción (R)	Transporte interno (t)	Almacén (A)	Picking (P)	Despacho (D)	Transporte externo (T)
Entradas	Se recibe la cal en Big bags [1] transportadas sobre camiones que son dirigidos a la báscula para el respectivo pesaje.	Ingreso: El Big bag sobre camión y Se descarga con montacarga al lugar de almacenamiento. Salida de almacén: movimiento de zona de almacenamiento a puerta de almacén mediante montacargas para revisión de despacho.	Se almacena sobre estibas en arrume por 2 en zona techada y de tipo semiabierto específica para el producto. Se ingresa a un sistema de registro.	Se recibe orden de pedido de producción. Se utiliza método FIFO y se va a zona de almacenamiento y se escoge el producto a despachar.	El escogido es revisado para su entrega a producción, se realiza anotación de datos del big bag para salida y se da orden de envío a producción	Big bag sobre Montacarga hasta almacén de producción.
Salidas	Siguiente proceso	Hidróxido de calcio (cal hidratada) a producción.				
	Aire	Liberación de material particulado a la atmosfera.				
	Desechos industriales	N/A	Embalaje, empaques y estibas contaminadas.			N/A

Agua	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Agua contaminada generada por la limpieza del medio de transporte y almacenaje.
Suelo	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	

Nota: Elaboración propia, 2022, flujo logístico del hidróxido de calcio, se plasma en el análisis las salidas al medio ambiente, siendo lo más relevante el material particulado al aire, suelo y agua.

Figura 10.

Flujo Logístico de hidróxido de calcio, 2022.



Nota. Elaboración propia, 2022, flujo logístico del hidróxido de calcio.

Tabla 17.

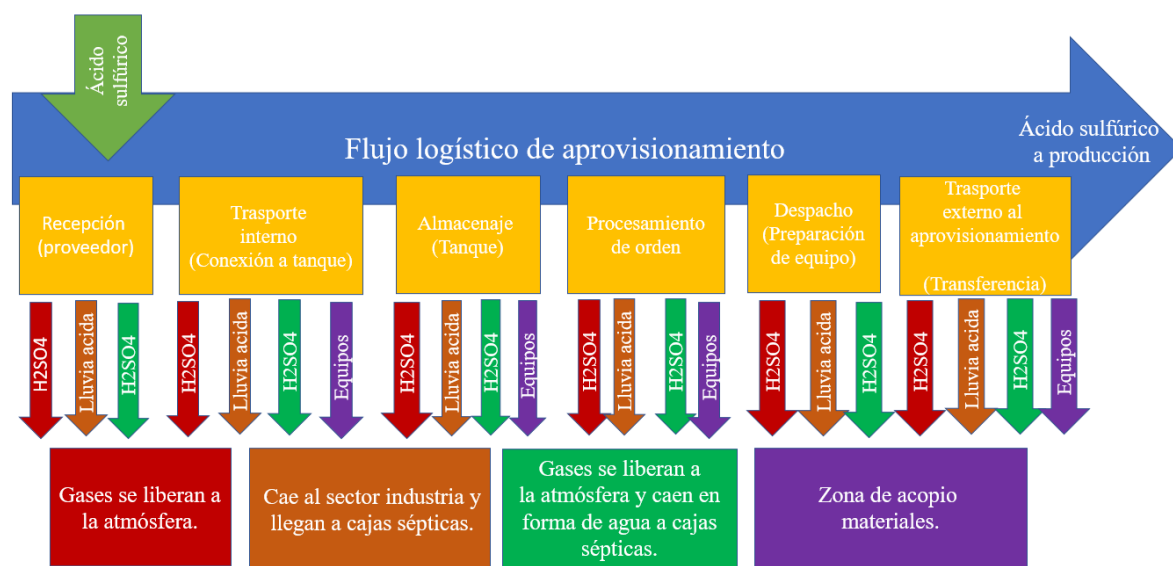
Análisis de flujo logístico ácido Sulfúrico, 2022

Subproceso logístico	ACIDO SULFURICO H2SO4					
	Recepción	T interno	Almacenaje	Procesamiento de orden	Despacho	Transporte externo
Entrada	Ingresa transportada en camión cisterna a bascula para registra peso.	Camión cisternas descargado mediante manguera por gravedad al tanque.	Se almacena en un tanque de plástico polietileno.	Se recibe pedido de producción y se da orden de despacho. Se verifica que la cantidad solicitada exista.	Se realiza apertura de válvulas y se activa flujo eléctrico a las bombas	Se transfiere mediante tubería impulsada por bombas eléctricas a tanques en producción.
Salida	Transferencia de Ácido sulfúrico a producción					
	Siguiendo proceso	Aire				
	Dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, gases acidificantes.					
	Suelo					
Desechos industriales	N/A	Equipos deteriorados y contaminados.	Equipos deteriorados y contaminados.	Equipos deteriorados y contaminados.	N/A	Equipos deteriorados y contaminados.
	Agua					
	H2SO4					

Nota: Elaboración propia, 2022, flujo logístico ácido sulfúrico, los elementos con mayor impacto que salen de este flujo logístico son los gases como el dióxido de azufre, el óxido nítrico y los gases acidificantes.

Figura 11.

Flujo Logístico del Ácido sulfúrico.



Nota: Elaboración propia, 2022, flujo logístico ácido sulfúrico.

Tabla 18.*Análisis de flujo logístico de urea, 2022.*

Subproceso logístico	UREA					
	Recepción (R)	Transporte interno (t)	Almacén (A)	Picking (P)	Despacho (D)	Transporte externo (T)
Entradas	Se recibe la cal en Big bags [1] transportadas sobre camiones que son dirigidos a la báscula para el respectivo pesaje.	Ingreso: El Big bag sobre camión y Se descarga con montacarga al lugar de almacenamiento. Salida de almacén: movimiento de zona de almacenamiento a puerta de almacén mediante montacargas para revisión de despacho.	Se almacena sobre estibas en arrume por 2 en zona techada y de tipo semiabierto específica para el producto. Se ingresa a un sistema de registro.	Se recibe orden de pedido de producción. Se utiliza método FIFO y se va a zona de almacenamiento y se escoge el producto a despachar.	El escogido es revisado para su entrega a producción, se realiza anotación de datos del big bag para salida y se da orden de envío a producción	Big bag sobre Montacarga hasta almacén de producción.
	Siguiente proceso	Urea a producción				
Salidas	Aire	Amoníaco (NH ₃), Di nitrógeno(N ₂), Óxido nitroso (N ₂ O)				
	Desechos	N/A	Embalaje, empaques y estibas contaminadas.			N/A

industria			
les			
Agua	Urea	Agua contaminada	Urea
Suelo		Urea	

Nota: Elaboración propia, 2022, flujo logístico para la Urea. Los elementos más representativos de salida son los gases como el Amoniac, Di nitrógeno, Óxido nitroso y los desechos industriales como son los empaques y estibas.

Figura 12.

Flujo Logístico de la Urea, 2022.

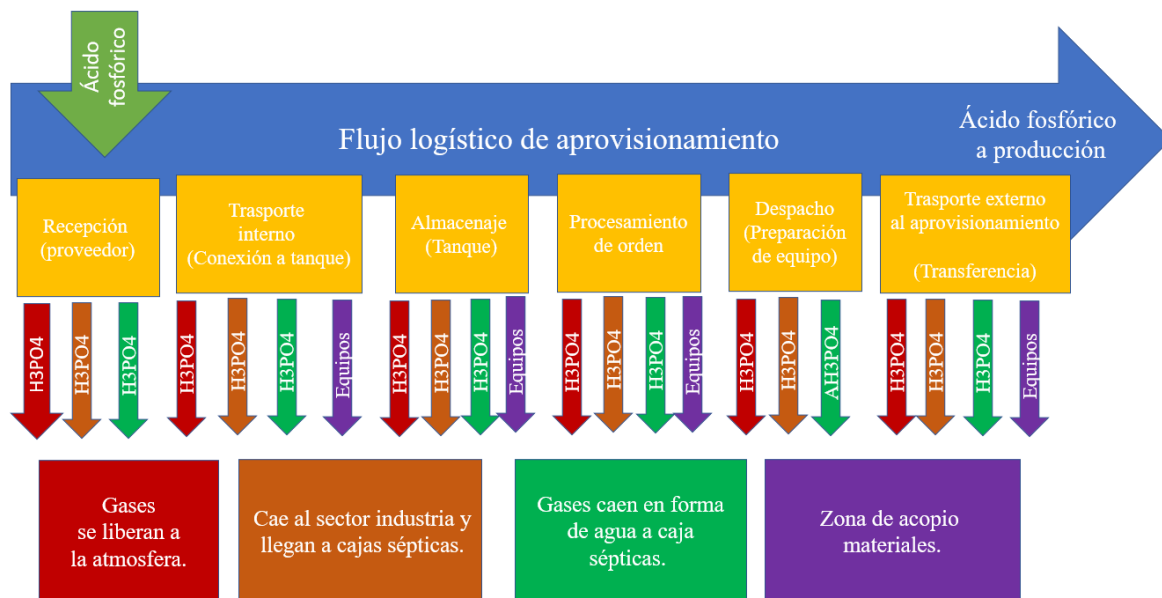


Nota: Elaboración propia, 2022, Flujo Logístico de la Urea.

Tabla 19.*Análisis de flujo logístico ácido fosfórico, 2022.*

Subproceso logístico	ÁCIDO FOSFÓRICO H₃PO₄					
	Recepción (R)	Transporte interno (t)	Almacena je (A)	Procesamien to de Orden (P)	Despach o (D)	Transport e externo (T)
Entrada	Ingresada en camión cisterna a bascula para registra peso.	Camión cisterna es descargado mediante manguera por gravedad al tanque.	Se almacena en un tanque de plástico polietilen o.	Se recibe pedido de producción y se da orden de despacho. Se verifica que la cantidad solicitada exista.	Se realiza apertura de válvulas y se activa flujo eléctrico a las bombas.	Se transfiere mediante tubería impulsada por bombas eléctricas a tanques en producció n.
Siguiente proceso	Transferencia de Ácido fosfórico					
Al aire	H ₃ PO ₄					
Salida	Desechos industriales	N/A	Equipos deteriorados y contaminados.	N/A		
Agua	H ₃ PO ₄					
Suelo	H ₃ PO ₄					

Nota: Elaboración propia, 2022. Flujo logístico ácido fosfórico, los elementos de salida más representativos son el mismo insumo por su alta toxicidad y los equipos deteriorados que se utilizan para transporte.

Figura 13.*Flujo Logístico del Ácido fosfórico, 2022.*

Nota. Elaboración propia, 2022, Flujo Logístico del ácido fosfórico.

Anexo 2.

Se representa en las siguientes tablas 20, 21 y 22, los puntos críticos identificados en cada uno de los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución física, y su respectiva normatividad aplicada.

Tabla 20.

Puntos críticos en el proceso logístico de aprovisionamiento del etanol y normatividad aplicada, 2022.

Sistema Logístico	Consecuencia	PUNTOS CRÍTICOS						Salida	Destino final	REGLAMENTACIÓN	
		R	A	P	D	T	t			Documento	Descripción.
Aprovisionamiento	Liberación de gases y material particulado al aire.	x	x	x	x	x	x	CO2	Atmósfera	Resolución 909 de 2008	Por el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2008).
		x	x	x	x	x	x	C6H6		Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO2 y otros gases. (El congreso y Ministerio de medio ambiente de la Republica Colombia, 2018)
		x	x	x	x	x	x	CH4		Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y

									control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Ministerio de medio ambiente,1995)
	x	x	x	x	x	x	NaOH	ISO 14001 versión 2015	Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. (International Organization for Standardization ISO 14001, 2015)
	x	x	x	x	x	x	Ca (OH)2	Política para el mejoramiento de la calidad del aire	Política para el mejoramiento de la Calidad del Aire. La presente política propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización. (Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES, 2018)
	x	x	x	x	x	x	NH3	Decreto 1076 de 2015	Actividades que necesitan permisos especiales para emisión atmosférica, entre ellas descarga de humos, gases o vapores, producción de combustibles. (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)
	x	x	x	x	x	N2			
	x	x	x	x	x	N2O			
	x	x	x	x	x	H3PO4			
Residuos al Suelo	x	x	x	x	x	x	Sedimento (Lodo)	PTAR Decreto 1287 de 2014	Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. (Presidencia de la República de Colombia, 2014)

	x	x	x	x	x	x	Gasolina			Hoja de seguridad Gasolina. (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, 2015)
	x	x	x	x	x	x	Soda Caustica			Hoja de Seguridad Soda Caustica o Hidróxido de Sodio. (Carl Roth Corporation, 2022)
	x	x	x	x	x	x	Hidróxido de Calcio			Hoja de Seguridad Cal o Hidróxido de Calcio. (Carl Roth Corporation, 2022)
	x	x	x	x	x	x	Ácido sulfúrico			Hoja de Seguridad Ácido Sulfúrico. (Carl Roth Corporation, 2021)
	x	x	x	x	x	x	Urea			Hoja de Seguridad Urea. (Carl Roth Corporation, 2021)
	x	x	x	x	x	x	Ácido fosfórico			Hoja de Seguridad Ácido Fosfórico. (Carl Roth Corporation, 2021)
Residuos al Agua	x	x	x	x	x	x	Agua residual (lixiviado e insumo)	PTAR	Resolución 0631 de 2015	"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)
Residuos Industriales				x	x		Equipos (mangueras, bombas, tubería)	Zona de acopio para materiales	Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. (Presidencia de la República de Colombia, 2005)
	x	x		x			Empaques de insumos		Resolución 1362 de 2007	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

x	x	Estibas contaminadas.	"Resolución 1362 de 2007"	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007
---	---	--------------------------	---------------------------------	---

Nota: Elaboración propia, 2022, puntos críticos en el proceso logístico de aprovisionamiento del etanol y normatividad aplicada.

Tabla 21.

Puntos críticos en el proceso logístico de producción del etanol y normatividad aplicada, 2022.

Sistema Logístico	Consecuencia	PUNTOS CRÍTICOS					Descripción	Destino final	REGLAMENTACIÓN	
		R	A	P	D	T			Documento	Descripción.
Producción	liberación de gases y material particulado al aire.	x	x	x			Ca (OH)2	Atmósfera	Resolución 909 de 2008	Por el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas. (Resolución 909, 2008).

<p style="text-align: center;">x x x x x CO2</p>	<p style="text-align: center;">Ley 1931 de 2018</p>	<p>Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO2 y otros gases. (Ley 1931, 2018).</p>
<p style="text-align: center;">x x x x CH4</p>	<p style="text-align: center;">Decreto 948 de 1995</p>	<p>Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Decreto 948, 1995)</p>
<p style="text-align: center;">x x x x NH3</p>	<p style="text-align: center;">ISO 14001 versión 2015</p>	<p>Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u</p>

<hr/> <p style="text-align: center;">x x x x N2</p> <hr/>	<p>otras formas de reconocimiento. (International Organization for Standardization ISO 14001, 2015)</p> <hr/>
<hr/> <p style="text-align: center;">x x x x N2O</p> <hr/>	<p>Política para el mejoramiento de la calidad del aire</p> <p>Política para el mejoramiento de la Calidad del Aire. La presente política propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización. (Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPES, 2018)</p> <hr/>
<hr/> <p style="text-align: center;">x x x C6H6</p> <hr/>	<p>Decreto 1076 de 2015</p> <p>Actividades que necesitan permisos especiales para emisión atmosférica, entre ellas descarga de humos, gases o vapores, producción de combustibles.</p> <hr/>

							(Ministerio de Medio Ambiente, 2015)	
Residuos al Suelo	x	x	x	x	Vinaza	Planta compostaje	Decreto 2412 del 2018	"Incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT), conforme a lo establecido en el artículo 88 de la Ley 1753 del 2015, y, en consecuencia, definió la manera en que se realizará su cálculo, facturación, recaudo, asignación y uso de recursos, así como su seguimiento y control en todo el territorio nacional". (Presidencia de la República de Colombia, 2018)
	x	x	x	x	Cachaza		Resolución 00375 de 2004	Por la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales

						de uso agrícola en Colombia. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2004)
x	x	x	Bagazo	Generación de energía.	Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. (Congreso de la República de Colombia, 2001)
					Ley 1715 de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. (Congreso de la República de Colombia, 2014)

Residuos al Agua	x	x		x			Aceite Fusel	PTAR	Resolución 0631 de 2015	"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)
	x	x	x				Agua residual (lixiviado e insumo)			
Residuos Industriales	x	x	x	x	x	x	Equipos (mangueras, bombas, tubería)	Zona de acopio para materiales	Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. (Presidencia de la República de Colombia, 2005)

x x x	Empaques de insumos	Resolución 1362 de 2007	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)
-------	------------------------	-------------------------	--

Nota: Elaboración propia, 2022, puntos críticos en el proceso logístico de producción del etanol y normatividad aplicada.

Tabla 22.

Puntos críticos en el proceso logístico de distribución física del etanol y normatividad aplicada, 2022.

Sistema Logístico	Consecuencia	PUNTOS CRÍTICOS						Descripción	Destino final	REGLAMENTACIÓN	
		R	A	P	D	T	t			Documento	Descripción.
Distribución física	liberación de gases al aire.	x	x	x	x	x	x	CO2	Atmósfera	Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático y emisiones de CO2 y otros gases. (El congreso y Ministerio de medio ambiente de la Republica Colombia, 2018)
		x	x	x	x	x	x	C2H5OH		Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974, Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la

										calidad del aire. (Ministerio de medio ambiente, 1995,05 de junio)
Residuos al Suelo	x	x	x	x	x	x	Etanol	PTAR	Resolución 0631 de 2015	"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones". (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)
Residuos al Agua	x	x	x	x	x	x	Etanol			
Residuos Industriales		x	x				Equipos (mangueras, bombas, tubería)	Zona de acopio para materiales	Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. (Presidencia de la

Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Decreto 948, 1995)	CH4	Atmósfera	Hoja de Seguridad de Metano (Praxair Inc, 2009)	X X X X X X X X X X X
		C2H5OH	Atmósfera	Hoja de Seguridad etanol (Carl Roth Corporation, 2015))	X X X X X X X
ISO 14001 versión 2015	Requisitos para los organismos que realizan	NaOH	Atmósfera	Hoja de Seguridad Hidróxido de Sodio	X X X X X X X

	la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. (International Organization for Standardization ISO 14001, 2015)			(Carl Roth Corporation, 2022)					
		NH3	Atmósfera	Hoja de Seguridad amoniaco en solución (Carl Roth Corporation, 2021)		X	X	X	X
Política para el mejoramiento de la calidad del aire del COMPES 2018	Política para el mejoramiento de la Calidad del Aire. La presente política propone	N2	Atmósfera	Hoja de Seguridad Dinitrogeno (Praxair Inc, 2016)		X	X	X	X

	acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización. (Consejo Nacional de Política Económica y Social COMPESES, 2018)										
Decreto 1076 de 2015	Actividades que necesitan permisos especiales para emisión atmosférica, entre ellas descarga de humos, gases o vapores, producción	NH3	Atmósfera	Hoja de Seguridad del amoniaco (Carl Roth Corporation, 2021)	X	X	X	X	X	X	X
		N2	Atmósfera	Hoja de Seguridad Dinitrogeno (Praxair Inc, 2016)	X	X	X	X	X	X	X

	de combustibles . (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)	N2O	Atmósfera	Hoja de Seguridad óxido Nitroso (Praxair Inc, 2016)	X X X X X X X X X X X
		H3PO4	Atmósfera	Hoja de Seguridad de Ácido Ortofosfórico (Carl Roth Corporation , 2021)	X X X X X X
		C6H6	Atmósfera	Hoja de Seguridad Benceno (Carl Roth Corporation , 2022)	X X X
Decreto 1287 de 2014	Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas	Sedimento (Lodo de caña)	PTAR	N/A	X X X X X X

	residuales municipales. (Presidencia de la República de Colombia, 2014)										
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillad o público y se dictan otras	Gasolina	PTAR	Hoja de seguridad Gasolina. (Corporació n Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONO R, 2015)	x	x	x	x	x	x	
		Soda Caustica	PTAR	Hoja de Seguridad Soda Caustica o Hidróxido de Sodio. (Carl Roth Corporation , 2022)	x	x	x	x	x	x	

disposicione s	Hidróxido de Calcio	PTAR	Hoja de Seguridad Cal o Hidróxido de Calcio. (Carl Roth Corporation , 2022)	x x x x x x
	Ácido sulfúrico	PTAR	Hoja de Seguridad Ácido Sulfúrico. (Carl Roth Corporation , 2021)	x x x x x x
	Urea	PTAR	Hoja de Seguridad Urea. (Carl Roth Corporation , 2021)	x x x x x x
	Ácido fosfórico	PTAR	Hoja de Seguridad Ácido Fosfórico. (Carl Roth Corporation , 2021)	x x x x x x

Resolución 1362 de 2007	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)	Empaques de insumos	Zona de acopio para materiales	N/A	x	x	x	x	x	x
		Estibas contaminadas.	Zona de acopio para materiales	N/A	x	x				

Nota: Elaboración propia, 2022, normatividad aplicada a proceso logístico de elaboración del etanol.

Anexo 4 Resumen Analítico Especializado – RAE.

Información General	
Tema	Normatividad medioambiental que permite regular bajo principios de logística verde las empresas productoras de bioetanol.
Título	Compilación de normas medioambientales que regulan la logística verde en las empresas productoras de bioetanol colombianas.
Autor(es)	Luz Estefani Camacho Albadan) Julián Andrés Valderrama Higuera
Director	MSc. Ing. Julio Cesar González Silva
Fuente	Algunas de las fuentes principales consultadas fueron:
Bibliografía	<p>González Silva, J. C., & Vásquez Bernal, O. A. (2021). Método referencial de operaciones básicas para el manejo del flujo logístico en pequeñas empresas latinoamericanas. <i>El RAPDTt. Documentos De Trabajo ECBTI</i>, 2(2), 4.</p> <p>Alexis Alonso-Gómez, A. B.-P. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. <i>Agrociencia</i>, 52(7). Retrieved 2022, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967</p> <p>Andrea. (19 de 07 de 2019). <i>Educadictos</i>. I: : https://www.educadictos.com/aparicion-de-la-produccion-en-serie/</p> <p>Ángela Viviana Bohórquez Lozano, D. C. (2020). <i>Cuantificación y análisis de Gases de Efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida del Etanol obtenido de la caña de azúcar, con base en las directrices del IPCC 2006. Caso de estudio Ingenio Providencia S.A.</i> Trabajo de grado, Universidad de La Salle. https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1246&context=ing_ambiental_sanitaria</p> <p>Anna M. Gil-Lafuente, L. B. (2011). Los desafíos para la sostenibilidad empresarial en el siglo XXI. <i>Revista Galega de Economía</i>, 20(2), 1-22. Retrieved 2022, from</p>

https://www.researchgate.net/publication/237034018_Los_desafios_para_la_sostenibilidad_empresarial_en_el_siglo_XXI

Archivo General de la Nación - AGN. (2021). *Archivo General de la Nación*.

<https://normativa.archivogeneral.gov.co/inicio/acuerdos/>

Archivo General de la Nación – AGN. (2022). *Leyes*.

<https://normativa.archivogeneral.gov.co/inicio/leyes/>

Arriols, E. (10 de Agosto de 2020). *Ecología Verde*.

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-energia-biomasa-y-para-que-sirve-1072.html>

Arteaga, P. M. (2016). Aplicaciones del alcohol etílico. *Con-Ciencia Boletín Científico De La Escuela Preparatoria*, 3(5).

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/1725>

Arteaga, P. M. (2016). APLICACIONES DEL ALCOHOL ETÍLICO. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.

campo, A. (2017). *teoría de los conflictos Johan Galtung*.

Cardona, D., Rodríguez, C., Del Río, J. L., Balza, V., Redondo, J. M., Ibarra Vega, D. W., . . . Romero, J. (2019). *Logística y cadena de suministro: Aproximaciones teórico-prácticas*. CECAR.

<https://doi.org/https://libros.cecar.edu.co/index.php/CECAR/catalog/download/50/108/1301-1?inline=1>

Año 2022

Resumen

El incremento en la producción de bioetanol se debe a las bondades que brinda su uso y su estrecha relación en pro a mejorar el medio ambiente. Sin embargo, esa misma producción en crecimiento ha generado que como cualquier otro tipo de industria necesite ser regulada ya que de uno u otro modo sus procesos logísticos afectan directa o indirectamente al medio ambiente. Por tanto, se establece una oportunidad de aprendizaje en este trabajo donde se encuentra como eje principal los principios de logística verde y alrededor de estos se hallan las normativas que regulan los procesos logísticos en la elaboración del etanol. Para reseñar la

normatividad que está regulada bajo principios de logística verde, se analiza y muestra evidencia de los puntos críticos de 3 procesos logísticos (Aprovisionamiento, producción y distribución física), de acuerdo con los insumos directos más importantes para elaborar el etanol y que pueden generar salidas que impactan al medio ambiente. Los resultados del estudio son de los puntos críticos encontrados que afecten al medio ambiente, de acuerdo con esto se busca la normatividad que regule bajo principios de logística verde.

Palabras

Claves Etanol, proceso logístico, logística verde, punto crítico, normatividad.
