

Datos generales

Universidad Modelo

Equipo SAF Nacional

- Martínez Aguilar Juan Alejandro
- Kimberly Valeria Becerra Escalona
- Gúzman Uc María Jimena

Ingeniería en Energía y Petróleo

Tercer Semestre

Asignatura: Proyectos III

Profesora: Dra. Patricia Contreras Pool

Idea del proyecto

La industria aeronáutica enfrenta el desafío urgente de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, siendo responsable del 2.5% de las emisiones globales de CO₂. Una de las soluciones más prometedoras es el uso de combustibles sostenibles para aviación (SAF), entre ellos aquellos derivados de biomasa como la caña de azúcar. Este proyecto se enfoca en evaluar el impacto ambiental del SAF obtenido a partir de bioetanol de caña mediante el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con el objetivo de identificar los puntos críticos del proceso y proponer estrategias para mejorar su sostenibilidad. A través de la aplicación de las normas ISO 14040 y 14044, se busca implementar un ACV completo desde el cultivo de la caña de azúcar hasta la producción final de bioturbosina por la vía Alcohol-to-Jet (ATJ). Se empleará software especializado para modelar procesos, realizar balances de masa y energía, y capturar datos confiables (primarios y secundarios) que permitan una evaluación precisa. Este estudio proporcionará indicadores ambientales clave como huella de carbono, uso de agua y consumo energético, lo que permitirá comparar esta alternativa con los combustibles fósiles tradicionales. Los resultados contribuirán a validar la viabilidad ambiental del SAF y reforzar el papel de la caña de azúcar como una materia prima estratégica en la transición energética del sector aéreo en México.

Objetivos:

- **General:** Evaluar el impacto ambiental del combustible sostenible para aviación (SAF) producido a partir de caña de azúcar mediante un análisis del ciclo de vida (ACV), con el fin de identificar los principales puntos críticos del proceso y proponer estrategias para mejorar su sostenibilidad.
- **Específicos**
 - Conocer y aplicar los principios metodológicos del análisis del ciclo de vida, con énfasis en las normativas ISO 14040 y 14044, para su correcta implementación en el estudio del SAF.
 - Revisar y seleccionar el software especializado para análisis del ciclo de vida, así como familiarizarse con su uso para la captura de datos, modelado de procesos y presentación de resultados.
 - Desarrollar el análisis de inventario del ciclo de vida (LCI) para cada una de las etapas del proceso: cultivo de caña de azúcar, producción de etanol y producción de SAF.
 - Realizar balances de masa y energía por etapa del proceso, integrando datos primarios y secundarios según disponibilidad y confiabilidad.
 - Actualizar y validar las simulaciones de procesos existentes, asegurando coherencia entre los flujos de materiales y energía con la información empleada en el ACV.
 - Capturar la información recopilada en el software seleccionado, integrando todas las etapas del proceso en un modelo coherente y representativo.
 - Interpretar los resultados del ACV mediante indicadores ambientales clave (huella de carbono, uso de agua, energía, etc.) y elaborar una presentación técnica de los hallazgos del estudio.

Diseño del proyecto

Describir el proceso de diseño del proyecto. Incluir las memorias de cálculo realizadas. DIAGRAMA y explicación.

Para la realización del proyecto, se divide en tres áreas principales que comparten actividades, pero cada una enfocada en el área

correspondiente.

Las áreas son:

- Cultivo, a cargo de Kimberly Becerra
- Producción de Etanol, a cargo de Jimena Guzmán
- Producción de SAF, a cargo de Alejandro Martínez

Mientras que las actividades a realizar dentro de cada área son:

1. Recolección de datos

En esta etapa se recopila toda la información necesaria para construir el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Se incluyen datos ambientales y de proceso, tanto de fuentes bibliográficas o bases de datos.

Por áreas:

- **Cultivo:** Se recopilan datos sobre el rendimiento agrícola (toneladas de caña por hectárea), cantidad de residuos generados (bagazo, hojas secas, puntas), consumo de agua y energía en labores agrícolas, así como el uso de fertilizantes (urea, fosfato diamónico, nitrato de amonio) y pesticidas. También se incluyen datos de emisiones directas, como CO₂ y N₂O del uso de fertilizantes nitrogenados, emisiones al suelo (lixiviación de nitratos) y al aire (partículas de la quema previa a la cosecha). Las fuentes pueden ser estudios del INIFAP, FAOSTAT, y artículos de investigación sobre el manejo de residuos de caña en México.
- **Producción de Etanol:** Se recopila información sobre la fermentación de jugo o melaza de caña, incluyendo el consumo de levaduras, agua, vapor y electricidad. Los insumos energéticos principales son vapor de bagazo (para destilación), electricidad de la planta y agua de enfriamiento. Las emisiones provienen de CO₂ liberado durante la fermentación y del consumo energético (CO₂ de calderas). Se puede recurrir a las bases de datos o simulaciones del CICY.
- **Producción de SAF:** Se recolectan datos simulados del proceso Alcohol-to-Jet, que convierte etanol en hidrocarburos mediante deshidratación, oligomerización, hidrogenación y fraccionamiento. Se registran los consumos de hidrógeno, energía eléctrica y térmica, catalizadores (como zeolitas), así como los rendimientos de conversión y las emisiones derivadas del proceso (CO₂ y residuos catalíticos). La información puede obtenerse de estudios de NREL, ASTM D7566, CORSIA y publicaciones del CICY.

2. Realizar balances de masa y energía por etapa

Se realizan cálculos que permiten conocer cuánta materia y energía entra y sale de cada proceso. Esto asegura que los datos sean coherentes y comparables dentro del sistema del ACV. Existen varios programas para realizar balances de masa y energía, como Aspen Plus, HYSYS, ChemCAD y BILCO.

Por áreas:

- **Cultivo:** Se calculan las entradas de agua de riego, fertilizantes (urea, fosfato diamónico, sulfato de amonio), combustible diésel usado por maquinaria agrícola y las salidas como biomasa (residuos de caña), emisiones gaseosas (CO₂, N₂O, CH₄), emisiones al suelo (nitratos lixiviados) y al aire (material particulado y CO) por la quema del bagazo o del rastrojo. Por ejemplo, si una hectárea genera 80 t de caña, se estiman 15 t de residuos (bagazo + puntas), 5 kg de N₂O emitido, y 500 L de diésel consumido en labores agrícolas.
- **Producción de Etanol:** Se determinan las entradas de caña o melaza, agua, levadura y vapor; y las salidas como etanol (≈10% de la caña), bagazo, vinaza (residuo líquido con alta DQO) y emisiones (CO₂ biogénico y gases de combustión). Se evalúan consumos energéticos de calderas (por ejemplo, 3 MJ/kg de etanol) y eficiencia de destilación. Se consideran pérdidas de calor, vaporación de etanol y recirculación de vinaza para fertilización o biogás.
- **Producción de SAF:** Se analizan flujos de etanol alimentado, hidrógeno requerido (≈50 kg H₂ por tonelada de etanol), energía térmica para reacciones catalíticas (≈5 MJ/kg SAF) y salidas como SAF, propano y CO₂. Se verifican rendimientos del 40–50 % de conversión y pérdidas energéticas por calentamiento, compresión e hidrogenación.

3. Actualizar y validar las simulaciones de procesos existentes

Se revisan los modelos de simulación para asegurarse de que los datos reflejen las condiciones actuales del proceso. Se ajustan parámetros y se comparan resultados con datos reales o de otros casos similares. DWSIM se usa software libre de simulación de procesos químicos utilizado para modelar y optimizar procesos industriales.

Por áreas:

- **Cultivo:** Se ajustan rendimientos agrícolas y factores de emisión de acuerdo con condiciones locales o nuevas fuentes de información. Se actualizan parámetros como rendimiento por hectárea, uso de agua y fertilizantes, según datos recientes del INEGI o SAGARPA.
- **Producción de Etanol:** Se actualizan parámetros de fermentación, eficiencia de destilación y uso de energía en los modelos del proceso. Se validan las simulaciones del proceso de fermentación y destilación en Aspen Plus o SuperPro Designer, ajustando la eficiencia de fermentación (≈92 %), recuperación de etanol (≈95 %) y energía del sistema de vapor. También se comparan

resultados con plantas de referencia.

- **Producción de SAF:** Se validan los modelos de conversión ATJ, ajustando etapas de deshidratación (etanol → etileno), oligomerización ($C_2 \rightarrow C_8-C_{16}$) e hidrogenación. Se revisan los balances de carbono, la eficiencia térmica global y el consumo de catalizadores (por ejemplo, zeolita ZSM-5 o NiMo). Los resultados se comparan con estudios del NREL o reportes técnicos de Honeywell UOP (licenciante del proceso ATJ).

4. Capturar información en el software

Consiste en introducir los datos obtenidos y validados dentro del software de ACV (como SimaPro o OpenLCA), siguiendo la estructura de procesos y flujos del sistema.

Por áreas:

- **Cultivo:** Se registran los flujos de materia y energía del campo, incluyendo fertilizantes, consumo de diésel, emisiones y generación de residuos. Se introducen los flujos de entrada (fertilizantes, agua, diésel, maquinaria) y salidas (bagazo, emisiones al aire y suelo). Por ejemplo, se puede definir un flujo de 100 kg de fertilizante NPK por hectárea y 50 kg de CO_2 equivalente por tonelada de caña como impacto agrícola.
- **Producción de Etanol:** Se ingresan los procesos industriales de molienda, fermentación y destilación con sus entradas energéticas (vapor, electricidad, agua). Los coproductos como vinaza se definen con su tratamiento (digestión anaerobia o disposición). Se asocian factores de emisión de calderas y eficiencia de recuperación del etanol.
- **Producción de SAF:** Se capturan los flujos del proceso ATJ, integrando los datos energéticos, catalíticos y de emisiones correspondientes. Se construye el modelo con las etapas ATJ: deshidratación → oligomerización → hidrogenación → fraccionamiento. Se ingresan los consumos de etanol, hidrógeno, energía térmica y las emisiones de CO_2 . Se enlaza el proceso con la base de datos Ecoinvent para comparar impactos ambientales.

5. Interpretar los resultados del ACV

Se analizan los resultados obtenidos del software, identificando los puntos críticos, los procesos con mayor impacto ambiental y las oportunidades de mejora.

Por áreas:

- **Cultivo:** Se interpretan los impactos como potencial de calentamiento global (por emisiones de N_2O), acidificación del suelo (por fertilizantes nitrogenados) y uso de recursos hídricos. Por ejemplo, si el 40 % de las emisiones provienen del uso de fertilizantes, se analiza la posibilidad de aplicar fertilizantes orgánicos o biofertilizantes.
- **Producción de Etanol:** Se evalúan las cargas ambientales del proceso industrial, identificando si la energía o los residuos son los principales contribuyentes. Es decir, se evalúan los impactos asociados al consumo energético (uso de vapor), tratamiento de vinaza y emisiones de calderas, así como mejoras, como recuperación de calor, uso de bagazo como biocombustible o aprovechamiento de vinaza para biogás.
- **Producción de SAF:** Se analiza el impacto del proceso ATJ, comparando su huella ambiental con la de los combustibles fósiles y determinando su potencial de reducción de emisiones. Se analizan los flujos energéticos y la huella ambiental total del combustible, comparando el SAF con el Jet A-1 fósil. Los impactos típicos incluyen emisiones de CO_2 (por hidrogenación), consumo energético del ATJ y uso de catalizadores. Se interpretan indicadores como reducción del 60–80 % de emisiones de GEI, lo cual demuestra el potencial del SAF para contribuir a la neutralidad de carbono en la aviación.

Diagrama del Diseño del Proyecto

Diseño del Proyecto

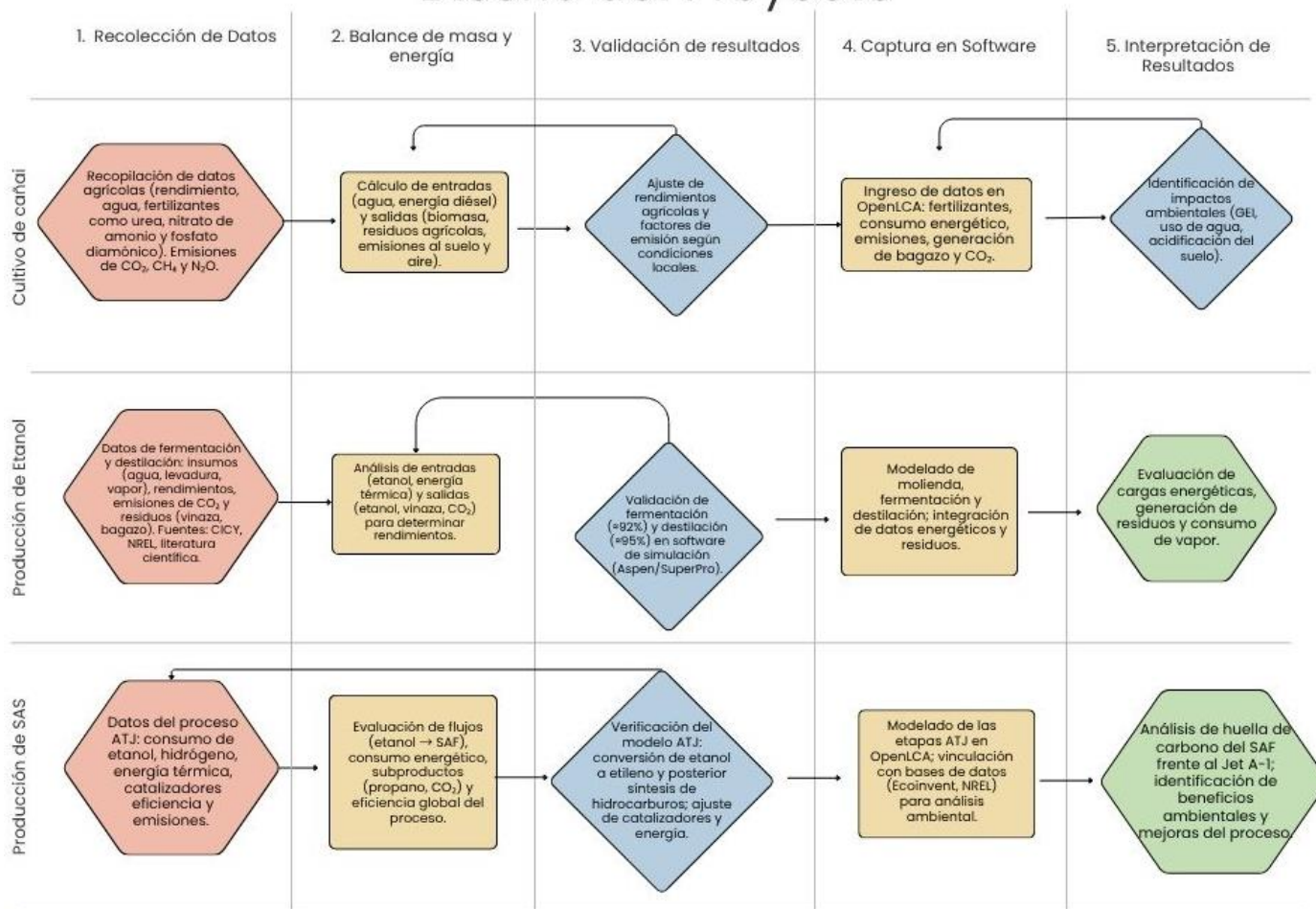


Figura 1. Diagrama de diseño del proyecto

Propuesta del Límite de Sistema

Los límites del sistema en un Análisis de Ciclo de Vida definen hasta dónde llegan los procesos considerados dentro del estudio, es decir, qué etapas, entradas y salidas se toman en cuenta desde el inicio de la cadena productiva hasta la obtención del producto final. Permiten delimitar el alcance del análisis ambiental y asegurar que las comparaciones o resultados sean coherentes y representativos.

En este proyecto, el sistema se define “de la cuna a la puerta” (cradle-to-gate), abarcando desde el cultivo de la caña de azúcar hasta la producción final del SAF, sin incluir su transporte o combustión en aviación. Este límite es adecuado porque el objetivo principal es evaluar los impactos ambientales y energéticos asociados al proceso de producción del biocombustible, no su uso final.

El diagrama muestra tres áreas principales del proceso:

1. Cultivo de caña de azúcar

- Incluye las entradas (agua, energía, fertilizantes, diésel) y las salidas (biomasa, emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, y residuos agrícolas).
- Se representan los procesos agrícolas y de transporte, así como los impactos ambientales como gases de efecto invernadero (GEI) y acidificación del suelo.
- Esta fase es clave porque define la base del flujo de materia y las emisiones iniciales.

2. Producción de etanol

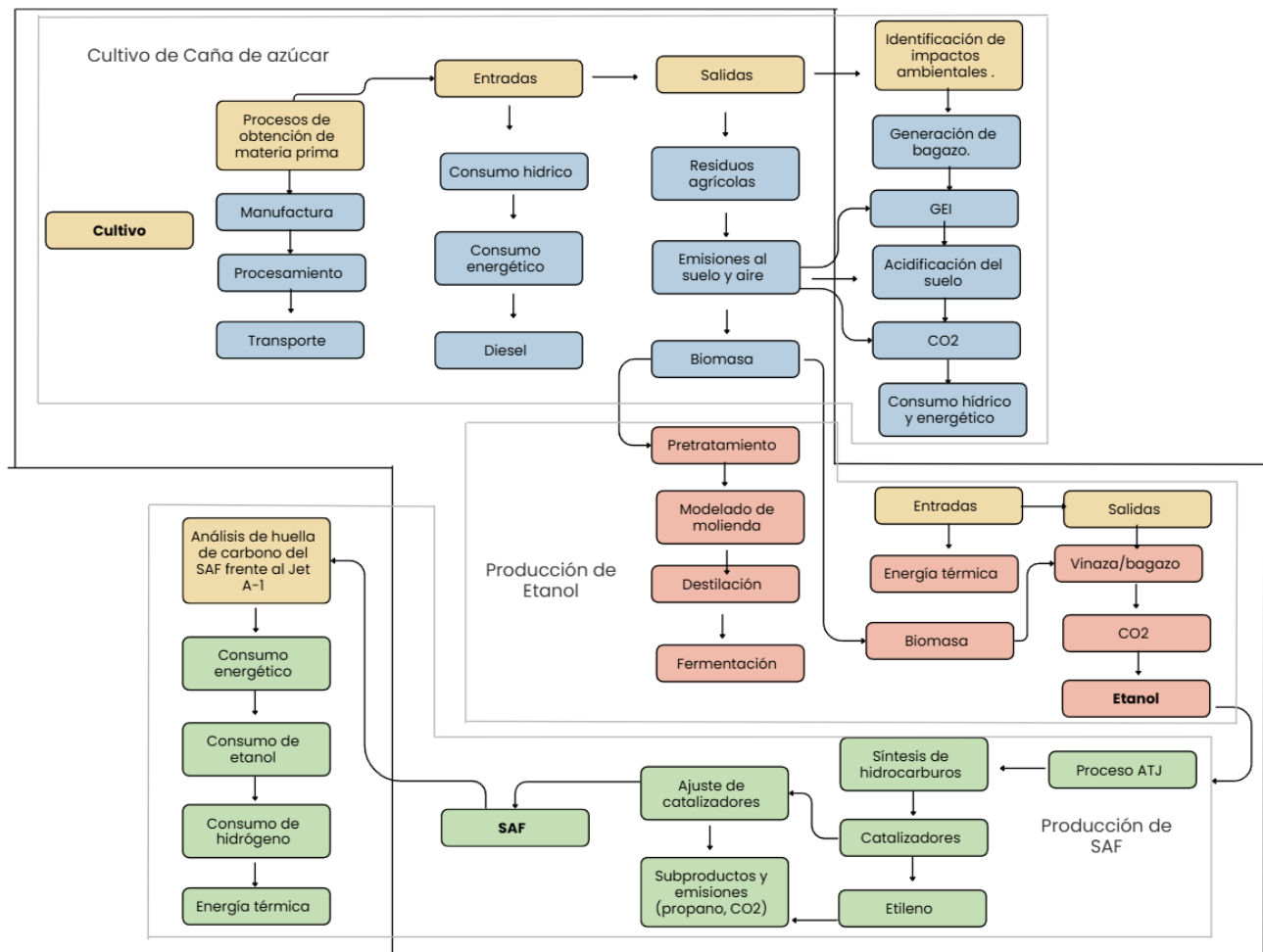
- Abarca el pretratamiento, molienda, fermentación y destilación de la biomasa para obtener etanol.

- Las entradas principales son energía térmica y agua, mientras que las salidas incluyen vinaza, bagazo, CO₂ y el etanol como producto principal.
- Representa la conversión bioquímica del recurso agrícola en un biocombustible intermedio.

3. Producción de SAF (Alcohol-to-Jet)

- Utiliza el etanol como materia prima y lo convierte en combustible de aviación mediante procesos catalíticos.
- Se consideran el consumo de hidrógeno, energía térmica y catalizadores, así como las emisiones de subproductos (propano, CO₂).
- Finaliza con la evaluación de la huella de carbono del SAF frente al combustible fósil Jet A-1, permitiendo analizar los beneficios ambientales.

Propuesta de límites del sistema



Límites del sistema: Cuna a puerta (desde cultivo de la caña de azúcar hasta obtención del SAF)

Figura 2. Diagrama de propuesta sobre los límites del sistema del ciclo de vida.

En conjunto, el diagrama refleja una cadena integrada de producción sostenible, donde se identifican los flujos de materia, energía y emisiones a lo largo de las tres etapas clave. Definir estos límites permite cuantificar los impactos ambientales de manera estructurada y optimizar el proceso hacia una aviación más limpia.

Características

- Características y componentes del proyecto

- Materia prima: la caña de azúcar es la fuente de biomasa para la obtención de bioetanol.
 - Bioetanol: insumo principal del proceso ATJ (Alcohol-to-Jet), con potencial de convertirse en bioturbosina.
 - Proceso ATJ (Alcohol-to-Jet): conversión del bioetanol en biocombustible sintético para aviación.
 - Herramientas de Análisis : Software DWSIM parasimulación de procesos químicos y análisis de ciclo de vida.
 - Balances de masa y energía: para cuantificar flujos y eficiencias en cada etapa del proceso.
 - Recursos humanos y académicos -
 - Equipo de estudiantes de Ingeniería en Energía y Petróleo: responsables de investigación, análisis de datos, simulaciones y reportes.
- **Normatividad y Criterios**
 - CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation): lineamientos internacionales para validar ACV en SAF.
 - ISO 14040/44: estándares para estudios de ciclo de vida.
 - **Características para la realización del proyecto**
 - Revisar información sobre que es ACV, límites de sistema, unidad funcional, función.
 - Revisar información sobre ACV de SAF ATJ
 - CORSIA ACV
 - Definir límites de sistema
 - Definir el tamaño de la muestra
 - Análisis de inventario por etapa
 - Conocer el software a emplear
 - Revisar y actualizar simulaciones
 - Realizar alances de masa y energía por etapa
 - Capturar información en el software
 - Presentación de resultados

Pruebas – trabajo en conjunto con el Centro de Investigación Científica del Estado de Yucatán

INVESTIGACIÓN 1

El ciclo de vida ACV se basa es en estudio de las etapas consecutivas e interrelacionadas del sistema del producto, que abarcan desde la adquisición de la materia prima o su generación a partir de recursos naturales.

Investigación qué es ACV, límites de sistema, unidad funcional, función




Becerra Escalona Kimberly Valeria
Guzmán Uc María Jimena
Martínez Aguilar Juan Alejandro

| Índice | | | |
|-----------------|--------------------|------------------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ¿QUÉ ES UN ACV? | LÍMITES DE SISTEMA | UNIDAD FUNCIONAL | FUNCIÓN |

Introducción

El Ciclo de Vida (ACV) se basa en el estudio de las etapas consecutivas e interrelacionadas del sistema del producto, que abarcan desde la adquisición de la materia prima o su generación a partir de recursos naturales, hasta la disposición final.

Bajo ese contexto, en esta presentación se definirán los parámetros básicos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como la función, unidad funcional y los límites del sistema.



¿Qué es un ACV?

El análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que sirve para estudiar los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, proceso o actividad.

Considera toda la historia del producto o actividad a estudiar, desde su origen hasta que termina siendo un residuo.



FUNCIONES

- Evaluación integral:** Cubrimiento de las fases del producto. Como cultivo o recolección de biomasa, su transporte, el proceso de transformación y el uso final.
- Comparación de tecnologías:** Para comparar la eficiencia y los impactos ambientales de diferentes tipos de productos y de diferentes métodos de producción.
- Identificación de puntos críticos:** Localizar las etapas de producción donde se generan mayores impactos ambientales, como el uso de energía o la emisión de gases de efecto invernadero.
- Optimización de procesos:** Con base en los resultados, se pueden proponer mejoras para reducir el consumo de energía, la generación de residuos y otras emisiones.
- Toma de decisiones:** Proporciona información objetiva para el diseño de políticas ambientales y la selección de tecnologías sostenibles como en la industria de biocombustibles.

ETAPAS DE UN ACV

1 Definición de objetivos y alcance

Es necesario conocer los objetivos que perseguimos con el estudio

2 Inventario del Ciclo de Vida

Se identifican y cuantifican todas las entradas que potencialmente pueden causar un impacto

3 Evaluación de los Impactos del Ciclo de Vida

Se establece una relación de entradas y salidas en el inventario con los posibles impactos sobre el medio ambiente, la salud humana y los recursos.

4 Interpretación de resultados

Habremos identificado en qué fases o elementos del ciclo de vida del producto se generan las principales cargas ambientales

Objetivos

Inventario

Evaluación

Interpretación

LÍMITES DEL SISTEMA

Conjunto de criterios que especifican cuáles de los procesos unitarios son parte de un sistema del producto.

Los límites del sistema describen lo que se incluye en la evaluación y lo que se excluye.

Por ejemplo, pequeñas cantidades de ingredientes que contribuyen poco a la huella total pueden quedar fuera del alcance del estudio, excluir la fabricación de equipos o la iluminación de fábricas, lo que reduce la complejidad y el enfoque en un producto específico como un celular o una botella de plástico. Por lo tanto, los límites del sistema excluyen esto.

Metodología para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad en México.

UNIDAD FUNCIONAL

Es la medida de la función del sistema estudiado y da una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas.

Describe la función principal del sistema analizado y es esencial para la comparación de sistemas distintos.

Se utiliza para evaluar y comparar los impactos ambientales de diferentes sistemas, productos o servicios. Tanto de consumos como emisiones.

Asimismo, se refiere a la base de cálculo sobre la cual se efectuarán los balances de materias y energía.

ENTRADAS

RECURSOS NATURALES
ENERGÍA
AGUA

SALIDAS

RESIDUOS SÓLIDOS
EMISSIONES DE CO2
AGUAS RESIDUALES

INVESTIGACIÓN 2

CORSIA (Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional)

En este apartado se presentan las diapositivas sobre el programa CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), un esquema impulsado por la OACI que busca reducir y compensar las emisiones de CO₂ generadas por la aviación internacional. Investigar sobre CORSIA resulta fundamental para el proyecto de **análisis del ciclo de vida del SAF** (combustible sostenible para aviación) a base de **caña de azúcar**, ya que permite comprender los estándares internacionales de sostenibilidad y las metas de reducción de emisiones que deben cumplir los biocombustibles para ser considerados una alternativa viable en el sector aéreo.

Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional

CORSIA

Realizado por:

- María Jimena Guzmán Uc
- Kimberly Valeria Becerra Escalona
- Juan Alejandro Martínez Aguilar

¿QUÉ ES CORSIA?

CORSIA es un programa global de reducción de emisiones que busca abordar, reducir y compensar las emisiones de CO₂ generadas por los vuelos internacionales.

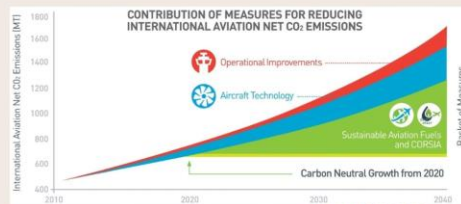
El Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA) es la primera medida global basada en el mercado, desarrollada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para abordar las emisiones del transporte aéreo internacional.

OBJETIVOS PRINCIPALES

Evitar el aumento neto de emisiones de CO₂ del transporte aéreo internacional respecto a la línea base.

Incentivar reducciones reales (operacionales y tecnológicas) y el desarrollo/despliegue de SAF (combustibles sostenibles para aviación).

Crear un mecanismo coordinado mundial para contabilizar, reportar y compensar emisiones.



FUNCIONAMIENTO



LINEA BASE 2019

FASES Y CUMPLIMIENTO

Línea base 2019: CORSIA utiliza 2019 como año de referencia. Para las fases posteriores, la línea base se ajusta (por ejemplo, se considera 85% de las emisiones de 2019 en ciertos cálculos). El mecanismo define cómo se calcula el exceso y la obligación de compensación por operador o por rutas entre Estados participantes.



ALCANCE CORSIA

Este Plan se acompaña de un conjunto de normas y métodos recomendados para su implementación conocido como las "SARPs" por sus siglas en inglés (Standards and Recommended Practices), que están medio ambiente y han sido adoptadas por el Consejo OACI en su 214ª sesión, el 27 de junio de 2018.

Los vuelos internacionales mencionados en el artículo 2.1 del Reglamento Delegado (UE) 2019/1605 constituyen el alcance de CORSIA de carácter obligatorio. Por su parte, el artículo 2.3 de dicho Reglamento establece un alcance de carácter voluntario. En este sentido, recomienda a los operadores de aeronaves que también verifiquen y notifiquen sus emisiones de vuelos entre aeródromos.

ALCANCE CORSIA

El artículo 7 del Reglamento Delegado (UE) 2019/1605 establece obligaciones de información para los Estados Miembros. Una vez notificados y revisados estos datos, y en concreto, comprobado el orden de magnitud de los datos proporcionados, los Estados miembros transmitirán a la Secretaría de la OACI los datos pertinentes sobre las emisiones que hayan sido notificados. Al mismo tiempo, los Estados miembros también transmitirán tales datos sobre emisiones a la Comisión.

Por otro lado, la Directiva (UE) 2023/958 pretende contribuir al objetivo de reducción de emisiones del 55% en 2030 previsto en el Pacto Verde Europeo, así como adaptar el alcance del comercio de derechos de emisión de la UE de la aviación al CORSIA.

RELACIÓN CORSIA — SAF

SAF reduce la obligación de offsets

Por cada unidad de SAF certificada como CEF, se puede descontar una cantidad de CO₂, reduciendo la necesidad de comprar créditos. Esto convierte al SAF en una palanca estratégica para las aerolíneas.

Implicación para el ACV

Para que un SAF sea CEF/aceptable, su ACV debe mostrar reducciones robustas de GEI y cumplir criterios de sostenibilidad (evitar cambios de uso de suelo, competencia alimentaria, etc.).

Por eso el ACV de SAF a partir de caña de azúcar es directamente relevante ya que determina si este SAF puede realmente ayudar a las aerolíneas a cumplir CORSIA con integridad.


PASOS PRÁCTICOS QUE UN OPERADOR DEBE SEGUIR

- Implementar MRV robusto y verificable.
- Priorizar reducciones internas (eficiencia operativa y tecnológica).
- Fomentar compra/uso de SAF certificados (alianzas con productores, mecanismos de suministro).
- Comprar CEEs de alta integridad solo cuando las reducciones internas/SAF no cubran obligaciones.



Cumplimiento de objetivos

Describir los resultados obtenidos que cumplen con los objetivos del proyecto. Los que llevamos hasta ahora.

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| | <h1>CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS</h1> |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Revisar información sobre ACV, límites del sistema, unidad funcional y función. | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Revisar ACV's previos de SAF ATJ. | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Revisión de normativa CORSIA ACV. | |
| <input type="checkbox"/> | Definir límites del sistema. | |
| <input type="checkbox"/> | Definir el tamaño de muestra. | |
| <input type="checkbox"/> | Conocer el software a emplear | |
| <input type="checkbox"/> | Análisis de inventario por etapa e integrante. | |
| <input type="checkbox"/> | Revisar y actualizar simulaciones. | |
| <input type="checkbox"/> | Realizar balances de masa y energía por etapa. | |
| <input type="checkbox"/> | Captura de información en el software. | |
| <input type="checkbox"/> | Presentación de resultados. | |

- **Objetivos específicos**

- Conocer y aplicar los principios metodológicos del análisis del ciclo de vida, con énfasis en las normativas ISO 14040 y 14044, para su correcta implementación en el estudio del SAF.
- Revisar y seleccionar el software especializado para análisis del ciclo de vida, así como familiarizarse con su uso para la captura de datos, modelado de procesos y presentación de resultados.
- Desarrollar el análisis de inventario del ciclo de vida (LCI) para cada una de las etapas del proceso: cultivo de caña de azúcar, producción de etanol y producción de SAF.
- Realizar balances de masa y energía por etapa del proceso, integrando datos primarios y secundarios según disponibilidad y

confiabilidad.

- Actualizar y validar las simulaciones de procesos existentes, asegurando coherencia entre los flujos de materiales y energía con la información empleada en el ACV.
- Capturar la información recopilada en el software seleccionado, integrando todas las etapas del proceso en un modelo coherente y representativo.
- Interpretar los resultados del ACV mediante indicadores ambientales clave (huella de carbono, uso de agua, energía, etc.) y elaborar una presentación técnica de los hallazgos del estudio.

Hasta el momento más que objetivos específicos cumplidos, hemos concluido actividades que componen dichos objetivos como revisar información preliminar en las investigaciones requeridas por la doctora, revisar información sobre ACV previos, así como revisar normativa CORSIA igualmente en investigaciones.

Esto podría formar parte parcialmente del primer objetivo pues también hemos investigado e investigado las normativas.

Este parcial de cumplimiento se ha dado de acuerdo al cronograma y las actividades que se requieren en el tiempo determinado.