



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado  
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y  
Geográfica  
Unidad de Posgrado

**Análisis de la huella de carbono en el sector  
aeronáutico y propuesta de reducción de gases de  
efecto invernadero. Estudio caso: Proyecto de  
Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge  
Chávez**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión Integrada  
en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

**AUTOR**

José Luis BRAVO ARTICA

**ASESOR**

Dr. Alberto HUIMAN CRUZ

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Bravo, J. (2024). *Análisis de la huella de carbono en el sector aeronáutico y propuesta de reducción de gases de efecto invernadero. Estudio caso: Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	José Luis Bravo Artica
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45229473
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-9450-0193">https://orcid.org/0000-0001-9450-0193</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Alberto Huiman Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41459167
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5507-9903">https://orcid.org/0000-0002-5507-9903</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Jorge Leonardo Jave Nakayo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01066653
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Eduardo Williams Calvo Buendia
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08206583
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Giuliana Patricia Becerra Celis
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40745335
<b>Datos de investigación</b>	

Línea de investigación	C.0.2.5. Contaminación del Ambiente
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez País: Perú Departamento: Callao Provincia: Callao Distrito: Callao Urbanización: NA Avenida: Elmer Faucett s/n Latitud: -12.022438 Longitud: -77.122848
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental, Geociencias: <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</a> Geociencias, Multidisciplinar: <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01</a>



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los veintisiete días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las quince horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000136-2024-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 26 de marzo del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

#### TÍTULO

**«ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AERONAÚTICO Y PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. ESTUDIO CASO: PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ»**

Presentado por el Bach. **JOSÉ LUIS BRAVO ARTICA**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER en GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE**.

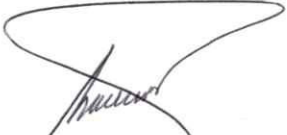
El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° UNMSM-20210084323, de fecha 08 de noviembre del 2021, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

*Muy bueno (17)*


Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER en GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE** al Bach. **JOSÉ LUIS BRAVO ARTICA**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

  
DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO  
Presidente

  
MG. EDUARDO WILLIAMS CALVO BUENDIA  
Secretario

  
DRA. GIULIANA PATRICIA BECERRA CELIS  
Miembro


  
DR. ALBERTO HUIMAN CRUZ  
Asesor



### CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. Alberto Huiman Cruz en mi condición de asesor acreditado con el Número de Dictamen N°000057-2022-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AERONAÚTICO Y PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. ESTUDIO CASO: PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ» presentado por el Bachiller José Luis Bravo Artica, para optar el Grado Académico de Magister en Gestión Integrada En Seguridad, Salud Ocupacional Y Medio Ambiente CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de investigación y producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 18 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor:   
DNI: 41459167  
Nombres y apellidos del asesor:  
Alberto Huiman Cruz



# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.	Situación Problemática.....	1
1.2.	Formulación del problema .....	3
1.3.	Justificación teórica.....	3
1.4.	Justificación práctica.....	4
1.5.	Objetivos de la Investigación.....	4
<b>1.5.1.</b>	<b>Objetivo General</b> .....	4
<b>1.5.2.</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	5

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del Problema.....	5
2.2.	Marco Conceptual .....	10
2.3.	Bases teóricas .....	11

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1.	Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2.	Hipótesis .....	16
<b>3.2.1.</b>	<b>Hipótesis General</b> .....	17
<b>3.2.2.</b>	<b>Hipótesis específica</b> .....	17
3.3.	Variables.....	17
<b>3.3.1.</b>	<b>Variable independiente</b> .....	17
<b>3.3.2.</b>	<b>Variable dependiente</b> .....	17
3.4.	Población y muestra .....	17
3.5.	Técnicas e instrumentos .....	19
3.6.	Huella de Carbono .....	19
3.7.	Principios de cálculo .....	20
3.8.	Gases de Efecto Invernadero.....	20
3.9.	Cálculo de emisiones de GEI .....	22
<b>3.9.1.</b>	<b>Emisiones de GEI por consumo de combustible en equipos fijos y móviles</b> .....	22
<b>3.9.2.</b>	<b>Emisiones de GEI por gas refrigerante</b> .....	23
<b>3.9.3.</b>	<b>Emisiones de GEI por consumo de energía eléctrica del SEIN</b> ....	23
<b>3.9.4.</b>	<b>Fuentes de emisión y niveles de actividad</b> .....	24
3.10.	Factores de emisión.....	25
3.11.	Límite Organizacional.....	26
3.12.	Límite Operacional.....	27



## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Alcance 1 .....	31
<b>4.1.1.</b>	<b>Consumo de combustible (proyecto) .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Consumo de combustible (instalaciones).....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.3.</b>	<b>Consumo de combustible en vehículos propios y controlados... 32</b>	
<b>4.1.4.</b>	<b>Gas refrigerante – Emisiones de GEI fugitivas .....</b>	<b>33</b>
4.2.	Alcance 2 .....	34
<b>4.2.1.</b>	<b>Consumo de energía eléctrica del SEIN (instalaciones).....</b>	<b>34</b>
4.3.	Combustion por Biomasa.....	34
4.4.	Indicadores relevantes .....	35
4.5.	Análisis y discusión de resultados .....	36
4.6.	Planes de Reducción de GEI en Perú .....	40
4.7.	Estrategias de Reducción de GEI.....	42
<b>4.7.1.</b>	<b>Reducción combustible (proyecto).....</b>	<b>43</b>
<b>4.7.2.</b>	<b>Reducción combustible (instalaciones).....</b>	<b>50</b>
<b>4.7.3.</b>	<b>Combustible de vehículos propios y controlados .....</b>	<b>50</b>
<b>4.7.4.</b>	<b>Emisiones fugitivas .....</b>	<b>51</b>
<b>4.7.5.</b>	<b>Consumo energía SEIN .....</b>	<b>51</b>

## CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Emisiones de GEI fugitivas .....	18
Tabla 2.	GEI listados por el IPCC y reconocidos en la UNFCCC. ....	21
Tabla 3.	Fuentes de emisión de GEI y niveles de actividad utilizados. ....	25
Tabla 4.	Factores de emisión de GEI utilizados. ....	25
Tabla 5.	Valores Calóricos Netos .....	26
Tabla 6.	Ubicación del proyecto .....	27
Tabla 7.	Límites operacionales .....	28
Tabla 8.	Emisiones de GEI según fuentes y alcances .....	29
Tabla 9.	Consumo de combustible por equipos fijos – Emisiones de GEI .....	31
Tabla 10.	Consumo de combustible por equipos móviles – Emisiones de GEI .....	31
Tabla 11.	Consumo de combustible en instalaciones – Emisiones de GEI .....	32
Tabla 12.	Consumo de combustible para transporte de personal – Emisiones de GEI.....	33
Tabla 13.	Emisiones de GEI fugitivas .....	34
Tabla 14.	Consumo de energía eléctrica en instalaciones.....	34
Tabla 15.	Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) y óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por biomasa.....	35
Tabla 16.	Emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) por biomasa.....	35
Tabla 17.	Indicadores relevantes – emisiones.....	36
Tabla 18.	Estrategias de reducción por fuente de emisión .....	42
Tabla 19.	Porcentaje de reducción por uso de GLP y GNV .....	43
Tabla 20.	Recomendaciones para la operación de cargador frontal.....	44
Tabla 21.	Recomendaciones para la operación de excavadoras y retroexcavadoras.....	46
Tabla 22.	Porcentaje de reducción debido a las buenas prácticas de operación.....	50
Tabla 23.	Porcentaje de reducción por el reemplazo a GLP y GNV .....	50
Tabla 24.	Porcentaje de reducción por el reemplazo de GLP y GNV .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Relación entre las normas de la familia ISO 14064. NTP-ISO 14064-1:2018 .....	15
Figura 2.	Área total del proyecto de Ampliación del AIJC. Operador Aeropuerto .....	19
Figura 3.	Principios Protocolo GEI. Elaboración propia, 2022. ....	20
Figura 4.	Porcentaje de emisión por fuente .....	30
Figura 5.	Porcentaje de emisión por alcances .....	30
Figura 6.	Ubicación de áreas de movimiento de tierras .....	39

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo proponer estrategias para reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJC) en Perú, a través del análisis de la Huella de Carbono. Se evaluó la implementación de los Planes Nacionales de Reducción de GEI, se establecieron estrategias de reducción y se analizó el porcentaje de reducción en proyectos similares del sector construcción. La metodología utilizada fue cuantitativa no experimental descriptiva, empleando el análisis de datos de consumo de combustible y siguiendo los lineamientos del Protocolo de GEI y la Norma Técnica Peruana para la cuantificación de la Huella de Carbono. Los resultados del análisis identificaron las fuentes de emisiones de GEI, como el uso de vehículos, consumo de energía eléctrica y aire acondicionado, y se establecieron estrategias de reducción basadas en estos hallazgos. Se concluye que la investigación ha proporcionado herramientas para evaluar la viabilidad de planes y estrategias de mitigación del Cambio Climático en el sector de la construcción. Destaca la importancia de implementar la Norma ISO 14064 para programas de reducción de emisiones y definir responsabilidades en la gestión de gases de efecto invernadero (GEI).

**Palabras clave:** Huella de carbono, Gases de Efecto Invernadero, Planes Nacionales, Estrategias de reducción, Sector construcción, Cambio climático.

## **ABSTRACT**

The aim of the research was to propose strategies for reducing Greenhouse Gas (GHG) emissions in the Expansion Project of the Jorge Chávez International Airport (AIJC) in Peru, through Carbon Footprint analysis. The applicability of National GHG Reduction Policies was assessed, reduction strategies were established, and the percentage of reduction in similar construction sector projects was analyzed. The methodology employed was quantitative, non-experimental, descriptive, utilizing fuel consumption data analysis, and adhering to GHG Protocol guidelines and the Peruvian Technical Standard for Carbon Footprint quantification. The analysis results identified GHG emission sources such as vehicle usage, electricity consumption, and air conditioning, and reduction strategies were formulated based on these findings. It is concluded that the research has provided tools to assess the feasibility of Climate Change mitigation plans and strategies in the construction sector. It underscores the importance of implementing ISO 14064 standard for emission reduction programs and defining responsibilities in greenhouse gas management.

**Keywords:** Carbon Footprint, Greenhouse Gases, National Policies, Reduction Strategies, Construction Sector, Climate Change.

## **CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Situación Problemática**

El Cambio Climático es uno de los temas que con el paso del tiempo ha tomado una mayor relevancia a nivel mundial, ya sea porque se ha convertido en uno de los grandes problemas que tiene que hacer frente la humanidad, ya que sus efectos no solo se ven reflejados en el entorno natural sino también en lo social y económico. Las actividades antropogénicas han sido la principal causante del incremento de los Gases de Efecto Invernadero (en adelante GEI), y a consecuencia de ello ha generado un mayor interés en grupos empresariales, gobiernos, las ONG y partidos políticos en el planteamiento de estrategias para mitigar el cambio climático.

Los GEI son emitidos en los procesos que conforman las industrias o empresas, en las cuales existe consumo de recursos como son los combustibles fósiles. El contexto es agravado por el impacto ambiental a los “Sumideros de Carbono” por actividades que son consideradas degradativas como son la tala de bosques, agricultura intensiva, cambio en los usos de suelo, desecho de residuos en lagos y océanos.

Según los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (en adelante INGE) emitido el año 2016, el país que emitió un total de 205,294.17 Giga gramos de dióxido de carbono equivalente (GgCO<sub>2</sub>eq) fue el Perú, donde se consideró que el sector que contribuye con la mayor fuente de emisión del GEI es el destinado a la agricultura, silvicultura y otros que estén relacionados con el uso de la tierra con una

cantidad de 134,901.58 GgCO<sub>2</sub>eq, los cuales representan el 65.71% del INGEI detallado en el año 2016, dicho reporte fue emitido por el MINAM en su informe del 2021.

El segundo lugar lo ocupa el sector que se dedica a la actividad de energía con una cantidad de 58,132.54 GgCO<sub>2</sub>eq, dicho sector representa el 28.32% del informe emitido por el INGEI en el año 2016. La subcategoría que se encuentra inmersa es la de aviación civil con un total de 1,088.59 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 5.17% del sector (MINAM, 2021).

Según las cifras descritas sobre las emisiones en el año 2016, se observa que el área aeronáutica tiene una relevancia significativa para la implementación de programas de minimización o mitigación. Considerado el principal aeródromo a nivel nacional, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (en adelante AIJCH) incluye una serie de actividades generadoras de GEI como son el transporte interno terrestre, una gran demanda en el combustible ya sea en terminal, como una mayor demanda en su consumo para poder abastecer a los aviones.

El AIJCH desde el año 2018 realiza el cálculo de sus emisiones de gases de efecto invernadero, que tiene como finalidad la obtención de su Huella de Carbono y a partir del cual se gestionan acciones para su reducción y mantenerla según el enfoque de sostenibilidad. Sin embargo, su alcance no considera las actividades constructivas que se ejecutan como parte del proyecto de Ampliación del AIJCH, las cuales iniciaron en el año 2019.

El desarrollo del proyecto de Ampliación del AIJCH va a traer una serie de repercusiones en el tema económico del país, es por ello que es necesario que se deba cuantificar a través de la Huella de Carbono, que es la principal indicador, para poder determinar el grado de emisiones de GEI, con la finalidad de poder elaborar las estrategias necesarias que puedan contribuir en la reducción de GEI, y responder de forma positiva a los compromisos asumidos por el Estado y el sector empresarial, principales interesados en poder cumplir con dicho cumplimiento.

## 1.2. Formulación del problema

### A. Problema General

¿En qué medida el análisis de la Huella de Carbono en una empresa del sector aeronáutico permite la reducción de Gases de Efecto Invernadero?

### B. Problemas específicos

- ¿De qué manera los Planes Nacionales de Reducción de GEI, son aplicables en el proyecto de Ampliación del AIJC?
- ¿Es posible establecer estrategias de Reducción de GEI, a partir del análisis de Huella de Carbono del proyecto de Ampliación del AIJC?
- ¿Es posible la reducción de los GEI en proyectos similares a la Ampliación del AIJC?

## 1.3. Justificación teórica

La investigación tiene como finalidad de aportar al conocimiento, herramientas para evaluar la viabilidad de planes y estrategias actuales para la mitigación del Cambio Climático. Dicha evaluación estará enfocada en la sostenibilidad en el tiempo y su aplicación a escenarios con características similares.

El estudio permitirá profundizar en el conocimiento a detalle del sector construcción y sus implicancias ambientales relacionadas al Cambio Climático; para que puedan plantearse nuevas estrategias de reducción de GEI.



## **1.4. Justificación práctica**

En el contexto actual, pocas empresas han implementado la cuantificación de su Huella de Carbono como parte de su Plan Estratégico, para la elaboración de medidas de control y migrar hacia una economía baja en carbono. La presente investigación permitirá que las empresas dispongan de una metodología para identificar aquellas fuentes de generación significativas de GEI conforme se desarrollan las actividades constructivas del proyecto.

Los resultados permitirán elaborar patrones que sirvan como base para estudios posteriores en proyectos similares. La información relacionada a las emisiones de GEI por cada proceso que conforma una obra de construcción civil, representará para las empresas del sector un indicador para evaluar su desempeño respecto a los compromisos suscritos para mitigar el Cambio Climático.

## **1.5. Objetivos de la Investigación**

### ***1.5.1. Objetivo General***

Elaborar una propuesta de reducción de Gases de Efecto Invernadero generados en el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, a partir del análisis de la Huella de Carbono.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la aplicabilidad de los Planes Nacionales de Reducción de GEI en el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, a partir del Análisis de la Huella de Carbono.
  
- Establecer estrategias de Reducción de GEI en el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, a partir del Análisis de la Huella de Carbono.
  
- Evaluar el porcentaje de reducción de GEI en proyectos similares del sector aeronáutico, considerando las estrategias propuestas.

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del Problema**

Con la finalidad de poder desarrollar el presente trabajo de investigación se recurrió a diversas fuentes de información, ya sea material de autores internacionales como nacionales, con la finalidad de darle un valor agregado a la investigación, a continuación, se cita los siguientes antecedentes:

#### **Internacionales**

Jurado y Lizcano (2015), para la obtención del título de Especialista en Gerencia Ambiental, llevo a cabo la investigación de Tesis basada en la “Determinación de la Huella de Carbono”, su estudio se llevó a cabo en el Aeropuerto Internacional El Dorado. La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Aeropuerto Internacional El Dorado, donde se hizo el cálculo del indicador de la Huella de Carbono en las operaciones de este, todo en base del Greenhouse Gas Protocol (GHG). El estudio realizado fue considerado de diseño no experimental, y de tipo descriptivo. Cabe mencionar que todo el estudio se realizó en el Aeropuerto Internacional El Dorado (Código IATA: BOG, código OACI: SKBO) y se consideró las operaciones que aporten CO<sub>2</sub> según los tres alcances definidos por el GHG. La técnica de recolección fue la ficha de datos en la cual se obtuvo registros de la generación de CO<sub>2</sub> en las áreas del aeropuerto Internacional el Dorado. Los resultados mostraron un total de 14.906 tCO<sub>2</sub>e de emisiones y las principales fuentes provienen de vehículos de las áreas, buses satélites, plantas eléctricas, generación de energía en el aeropuerto mencionado, generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.

Martínez (2019), en su investigación para obtener el título de Máster en Ingeniería con opción terminal en construcción versó sobre el Cálculo de la Huella de Carbono de una vivienda y una sugerencia para reducir las emisiones de GEI durante la construcción en el estudio caso en Puebla. La finalidad de su investigación fue diagnosticar la cantidad de Huella de Carbono de una vivienda en su fase constructiva y la propuesta de una vivienda sustentable. El tipo de estudio llevado a cabo fue descriptivo y el diseño empleado es considerado no experimental.

En la presente investigación la población fue el estado de Puebla en México y la muestra considerada fue una vivienda de 4 habitantes cuyo periodo de evaluación fue desde su construcción

hasta su operación. Cabe precisar que la técnica de recolección empleada fue la observación y los dispositivos empleados fueron catálogos de conceptos, los cuales describen las actividades requeridas para que se pueda llevar a cabo la construcción de la vivienda. Los resultados mostraron que la vivienda en evaluación generaba un total de 140.50 Tco2eq y la vivienda propuesta un total de 106.09 Tco2eq, en la etapa constructiva. Se precisa, que en la etapa de operación de la vivienda no hubo modificaciones puesto que no se plantearon cambios en el sistema.

Gómez (2018) llevo a cabo la investigación para la obtención de grado de Maestro en su trabajo de investigación en Administración Integral del Ambiente, basado en “El papel de la organización de la aviación comercial de México en la Huella de Carbono (2005-2017)”. La investigación propuesta tuvo como propósito analizar la influencia de la aviación comercial de México sobre la Huella de Carbono en el periodo del 2005-2017 y la propuesta de alternativas de mitigación. El estudio llevado a cabo fue descriptivo y el diseño es considerado no experimental. Cabe mencionar que la población estuvo compuesta por el conglomerado de la aviación comercial de México. La muestra fue el conjunto de aerolíneas cuyos vuelos programados presentaron demoras, y los aeropuertos fueron seleccionados utilizando un dendograma. La técnica empleada en la investigación de recopilación de datos fue la observación y las herramientas utilizadas fueron los reportes emitidos por la DGAC, con la información de las demoras de los vuelos. Cabe precisar que la conclusión de dicha investigación fue demostrar la existencia de burocracia en los procesos operativos actuales en los aeropuertos y la aviación comercial, hecho que influye en la determinación de la Huella de Carbono.

## Nacionales

Crispín (2018), el trabajo de investigación se sustentó en la “Determinación de la Huella de Carbono de la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC en la Unidad Minera El Brocal”, donde presento su trabajo de investigación para poder obtener el grado de Maestro en Seguridad y Medio Ambiente en Minería. La investigación de su trabajo tuvo como finalidad calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades de la empresa en la Unidad Minera El Brocal. El tipo de diseño fue no experimental y el tipo de estudio empleado fue exploratorio. La población de estudio estuvo constituida por la zona industrial de la unidad minera El Brocal y las muestras fueron las actividades realizadas por la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC. La técnica de recolección en la presente investigación fue la observación y las herramientas empleadas fueron los registros de las actividades y equipos utilizados por la empresa en la unidad minera El Brocal. El resultado del estudio indica un total de 814.71 Tco<sub>2</sub>eq emitidos en el periodo 2017-2018 y la fuente principal de emisión fue la producción de energía eléctrica. Se recomendó un programa de reforestación en la zona de trabajo de la empresa para la compensación de las emisiones generadas.

Quispe (2020) desarrollo su investigación en “La Huella de Carbono relacionado del consumo del combustible de las unidades de transporte de la Universidad Nacional del Altiplano Puno”, tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias Económicas y Desarrollo Sostenible. El trabajo de investigación tuvo como objetivo llevar a cabo una medición del consumo de combustible sobre las unidades que tenía la Universidad Nacional del Altiplano en Puno. El tipo de estudio empleado en la investigación fue analítico transversal y el diseño utilizado en el desarrollo de este fue no experimental. El estudio realizado se basó sobre la población compuesta por 134 vehículos y la

muestra representó un conglomerado de vehículos que solicitan combustible con una determinada frecuencia. Los datos fueron obtenidos a partir de registros e información obtenida por el investigador. Asimismo, se precisa que la técnica de recopilación de los datos fue a través de la observación. En base a lo expuesto, se hizo una prueba de 11 unidades móviles durante el periodo de doce (12) meses, donde las operaciones fueron destinadas netamente a las actividades de la dirección. Durante el periodo se generó un total de 10,59 Tn de GEI, donde las emisiones de CO<sub>2</sub> ascienden al 97,9% de forma directa a la atmósfera; por otro lado, se tomó otra muestra de 28 unidades que fueron destinadas para el servicio diario, donde se generó 79,327 Tn de GEI, el 91,6% del total es CO<sub>2</sub> y se emiten de forma directa a la atmósfera. La última prueba con 95 unidades móviles, destinados para personal administrativo y docentes, generó 92,657 Tn de GEI, donde las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera ascienden al 79,3%.

Núñez (2019), el tema de su estudio se basó en la “Aplicación de un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub> por aviones comerciales para disminuir los contaminantes en la fuente de emisión”, para obtener el grado de Maestro en su tesis de Ecología y Gestión Ambiental. El estudio tuvo como finalidad determinar la viabilidad de un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub> en la fuente de vuelos comerciales. El tipo de estudio empleado en la investigación fue descriptivo y cuantitativo y diseño utilizado fue preexperimental. La población estuvo conformada por los usuarios de servicios aéreo comercial nacional, internacional y la población del Callao. La Muestra en el presente trabajo estuvo compuesta por 384 personas. La técnica utilizada fue acopio o recolección utilizada fue un cuestionario de 18 preguntas y los instrumentos fueron las encuestas. Los resultados muestran la predisposición de las aerolíneas asumir parte del impuesto extrafiscal con la finalidad de reducir las emisiones, a diferencia de los usuarios de los

servicios aerocomerciales quienes afirman que el total deberá ser asumido por las aerolíneas (Núñez, 2019).

## **2.2. Marco Conceptual**

### **Gases de Efecto Invernadero**

Se refiere a los elementos gaseosos presentes en la atmósfera, que pueden ser de origen natural o resultado de actividades humanas, y que tienen la capacidad de captar y luego liberar radiación infrarroja. (CMNUCC,1992).

### **Huella de Carbono**

La cantidad total de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que emite una organización, producto, servicio o individuos en equivalentes de CO<sub>2</sub> (MMA, 2021).

### **Emisiones directas**

Aquellas emisiones directas de gases de efecto invernadero que provienen de fuentes propias de la organización o controladas por la misma (WRI, 2005).

### **Emisiones indirectas**

Las emisiones indirectas derivan de la producción de energía eléctrica adquirida u otras fuentes no controladas por la organización (WRI, 2005).

### **Dióxido de Carbono Equivalente CO<sub>2</sub>e**

Es aquella unidad que busca equiparar el forzamiento radiactivo de un GEI con el dióxido de carbono (INACAL, 2020).

### **Factor de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

Coeficiente que vincula las emisiones de Gases de Efecto Invernadero con los datos de la actividad (INACAL, 2020).

### **Inventario de Gases de Efecto Invernadero**

Clasificación de las fuentes y la identificación de GEI, estimación de emisiones, eliminación y sumideros de GEI de una organización (INACAL, 2020).

### **Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

Estrategias que reducen las emisiones de GEI provenientes de las actividades productivas para su estabilización en la atmósfera, y optimización de los sumideros existentes (D.S. 013-2019-MINAM).

## **2.3. Bases teóricas**

### **Cambio Climático**

En la actualidad el concepto de cambio climático se define de la siguiente manera: “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992, p. 3).

Hoy en día, 195 países de los 198 de la CMNUCC han sido parte de la ratificación del Acuerdo de París, donde el objetivo principal es reforzar la respuesta al Cambio Climático y evitar una elevación de la temperatura a nivel mundial por encima de los 2 grados centígrados.

Entre los principales Gases de Efecto Invernadero son los siguientes: metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidroclorofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y Trifluoruro de Nitrógeno (NF<sub>3</sub>) (Quispe, 2020).



## **Alcances de la Huella de Carbono**

Se definen tres tipos de alcances que diagnostican las emisiones, ya sean de maneras directas e indirectas, de una organización para los reportes de GEI, que facilitan la implementación en sus políticas de Cambio Climático y lo relacionado con los objetivos empresariales (WRI *et al.*,2005).

— Alcance 1

Las emisiones directas son aquellas provenientes de fuentes que son propiedad o se encuentran controladas por la organización. Se consideran emisiones por combustión en calderas, hornos, vehículos etc.

— Alcance 2

Las emisiones no directas (indirectas) son aquellas provenientes de la producción de energía eléctrica que han sido consumida por la organización

— Alcance 3

En este alcance se incluyen las emisiones indirectas no contempladas en el alcance 1 y 2.

Los riesgos y oportunidades de gestionar las fuentes de emisión de GEI dependen del establecimiento de límites operativos y organizativos para una gestión eficaz. La definición de los alcances al momento de contabilizar los GEI en una organización, contribuirá a la trazabilidad de la información obtenida en campo.

## **Sector Aeronáutico en el Perú**

La Aeronáutica en el Perú representa un sector que tiene diferentes beneficios para el desarrollo del país, especialmente en los últimos años.

Nuestro país ha ganado posición en la región por la Facilitación de Pasajeros a nivel mundial, ya sea por el flujo permanente de pasajeros y aviones de carga.

El 2.6% del Producto Interno Bruto (PBI) del país se basa en el sector del transporte aéreo y el turismo que se deriva de él. Este PBI se apoya en la creación de empleo, la cadena de suministro relacionada con esta industria, el turismo, los flujos comerciales y la inversión generada por los pasajeros de las aerolíneas. Comparando los datos de 2013 con los de 2018, se observa un aumento significativo en la conectividad de Perú con las principales ciudades globales. Los incrementos registrados fueron del 17% en las conexiones hacia América del Norte, del 30% en las rutas hacia Europa y del 74% en las conexiones hacia América Latina (IATA, 2019).

Sin embargo, en el año 2020 lamentablemente unos de los sectores más perjudicados fue el aeronáutico, debido a la pandemia COVID-19, puesto que se dio el cierre de fronteras y restricción de vuelos, principalmente el de pasajeros (OSITRAN, 2020).

### **Huella de Carbono en el Sector Aeronáutico**

En el año 2021, el MTC emitió un reporte sobre el sector aeronáutico, donde el tema principal se fundamentó en las emisiones que son causadas por el Gas de Efecto Invernadero, como es el caso de la quema de combustibles para la aviación nacional e internacional. Las emisiones producto de actividades conexas a la aviación como la movilización de buses para traslado de pasajeros, carga y combustible son contabilizados en otra categoría.

Por otro lado, en el año 2016 se realizó una Evaluación Anual de GEI del Sector Energía, donde se concluyó que en el área del sector aviación civil nacional las emisiones ascendieron a un total de 1 088.59 GgCO<sub>2</sub>eq, y para la aviación civil internacional un total del 2,037.75 GgCO<sub>2</sub>eq las

cuales fueron excluidas de los totales nacionales para la obtención de una data real (MTC, 2021).

En el Reporte Anual se utiliza una metodología de cálculo, donde se ve el coeficiente que tiene como objetivo relacionar los datos de la actividad desarrollada y, por otro lado, la emisión de los Gases de Efecto Invernadero, asimismo se considera los Factores de emisión específicos que según INACAL (2020).

Dicha metodología consistió en tres niveles de cálculo, cuya elección dependerá de la disponibilidad de información (MTC, 2021):

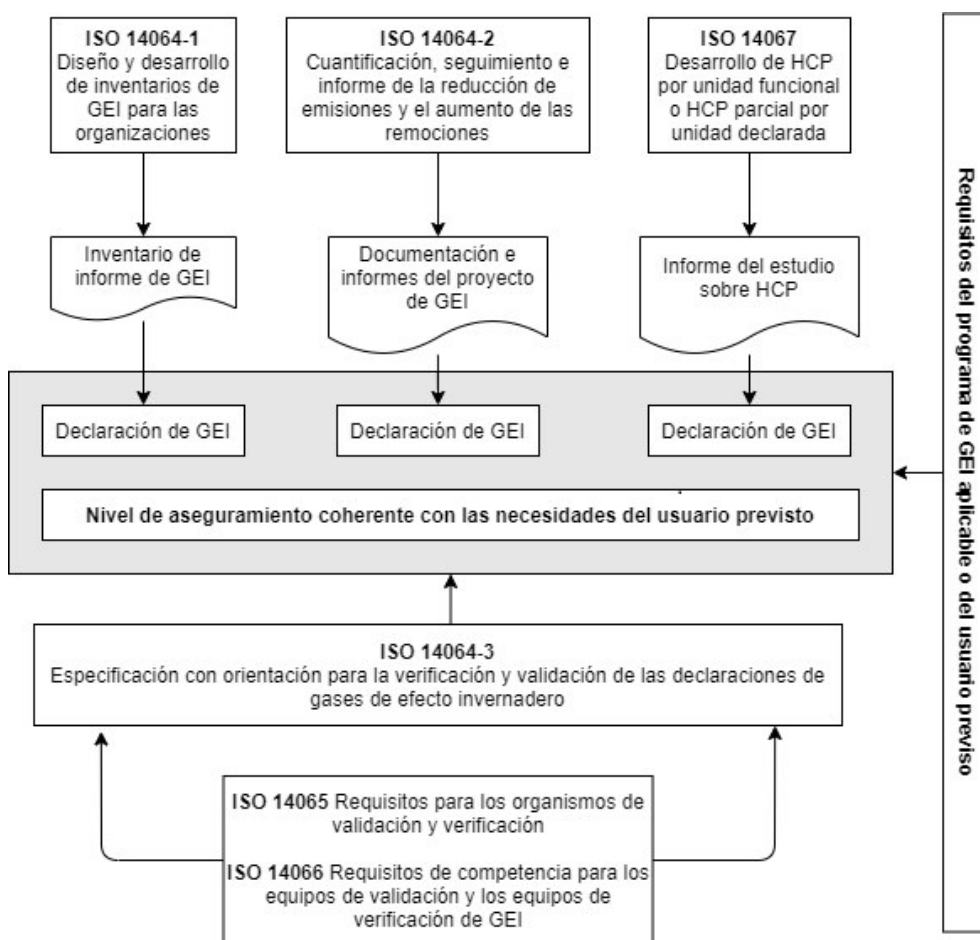
- Nivel 1. Multiplicación del factor de emisión de GEI por el consumo del combustible, en base a las Directrices del IPCC del 2006.
- Nivel 2. Multiplicación del factor de emisión de cada país por el consumo de combustible.
- Nivel 3. Se encuentra sustentado en los datos de origen y destino de los vuelos.

### **Norma Internacional ISO 14064-I:2018**

Los lineamientos de las emisiones de GEI se encuentran inmersos dentro de la familia de las ISO 14064, donde se llevan a cabo la cuantificación, seguimiento, validación y verificación, así como las medidas de remoción bajo un enfoque de sostenibilidad y migración hacia una economía orientada a una baja en carbono (ISO, 2018).

La Norma ISO 14064 está compuesta por tres estándares los cuales detallan las definiciones para el inventario de GEI, seguimiento e implementación de acciones para la reducción de GEI, y la validación de las Declaraciones de GEI a nivel organizacional (Galarza, 2020).

Una debida implementación de la Norma ISO 14064 permitirá a las empresas, industrias y gobiernos elaborar programas para conseguir una adecuada reducción en las emisiones a partir de los análisis consistentes de los resultados de la Gestión de GEI. La definición de responsabilidades al interior de una unidad organizacional será de gran importancia para que se lleve a cabo el cumplimiento de metas específicas establecidas, ya sea en los planes y programas de gestión de GEI.



**Figura 1. Relación entre las normas de la familia ISO 14064. NTP-ISO 14064-1:2018**

La Norma ISO 14064-1:2018 establece que, para llevar a cabo una correcta elaboración de los inventarios a nivel empresarial, se deben de cumplir determinados requisitos, donde un punto fundamental es considerar los

límites operacionales de la organización; y las directrices para una correcta implementación de planes de acción para su remoción, como parte de la Gestión de los GEI (ISO, 2018).

### **Norma Técnica Peruana ISO 14064-1:2020**

La NTP-ISO 14064-1:2020 ha sido elaborada en base a la norma ISO 14064:2018 Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.

La Norma Técnica Peruana brinda y detalla los requisitos y principios para que se pueda llevar a cabo la cuantificación, como el informe de emisión, por otro lado, el tema de las remociones de GEI a nivel de toda la Organización. Asimismo, se van a incluir requisitos que serán necesarios para el desarrollo, diseño, gestión, informe y/o verificación del Inventario de Gas de Efecto Invernadero de una organización (INACAL, 2020).

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La presente investigación es del tipo cuantitativa no experimental descriptiva, que busca diseñar estrategias para la reducción de los gases de efecto invernadero a partir del análisis de datos de consumo de combustible.

### **3.2. Hipótesis**

### **3.2.1. Hipótesis General**

Un análisis de la huella de carbono del proyecto de ampliación del AIJC permitirá elaborar una propuesta de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

### **3.2.2. Hipótesis específica**

- a) Los Planes Nacionales de Reducción de GEI son aplicables en el proyecto de Ampliación del AIJC
- b) Las estrategias establecidas, permitirán reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el proyecto de Ampliación del AIJC.
- c) Las propuestas de reducción permitirán disminuir los GEI emitidos en proyectos similares del sector aeronáutico.

## **3.3. Variables**

### **3.3.1. Variable independiente**

Análisis de Huella de Carbono

### **3.3.2. Variable dependiente**

Propuesta de reducción de Gases de Efecto Invernadero

## **3.4. Población y muestra**

La presente investigación se llevará a cabo en los límites territoriales del proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, ubicado en la provincia Constitucional del Callao, departamento de Lima. La ejecución está a cargo de la empresa que

actualmente posee la concesión del aeropuerto existente y tendrá una duración de cuatro años.

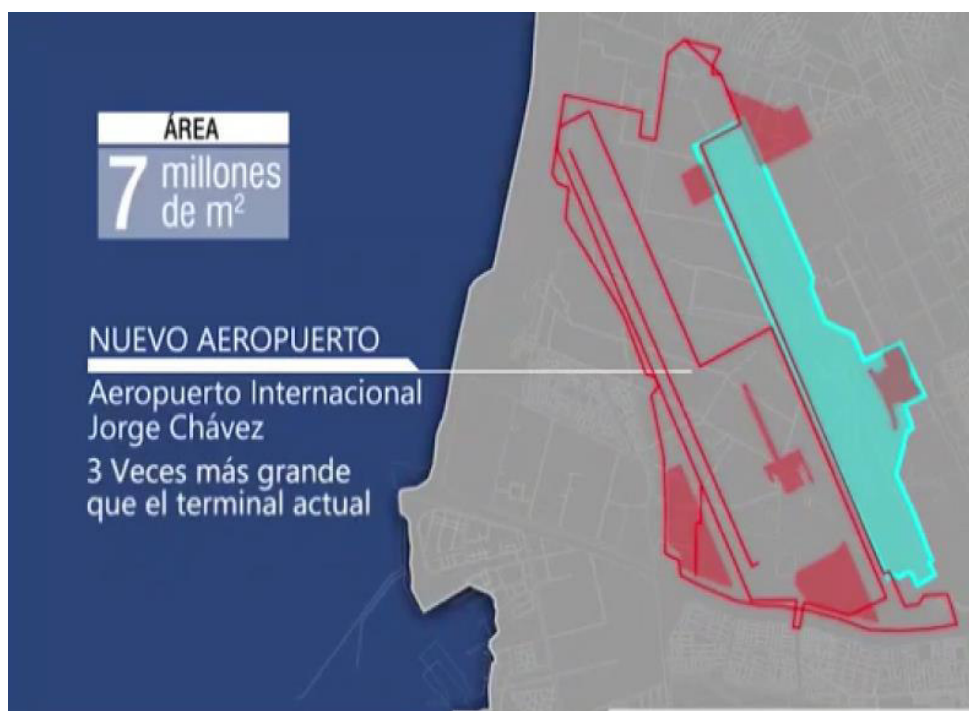
El proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez ha sido estructurado de la siguiente manera:

**Tabla 1. Emisiones de GEI fugitivas**

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Lado Aire (Airside)</b>	Trabajos preparatorios para la posterior ejecución de los paquetes de trabajo
	Limpieza, desbroce, recuperación de material biológico y demolición.
	Construcción de una nueva torre de control, base de rescate y otras estructuras.
<b>Lado Tierra (Landside)</b>	Construcción de una segunda pista, así como calles de rodaje.
	Construcción de nuevo terminal, estacionamientos y vías de acceso
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea de utilización eléctrica 60 kV</li> <li>• Subestación provisional 60/20 kV</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia, 2022.*

El nuevo Aeropuerto abarcará un área total de 7 millones de m<sup>2</sup> y su construcción estará a cargo de Consorcios conformados por la unión de empresas peruanas y extranjeras, las cuales ejecutarán la obra según los componentes o paquetes descritos en la Tabla 1.



**Figura 2.** Área total del proyecto de Ampliación del AIJC. Operador Aeropuerto

### 3.5. Técnicas e instrumentos

Para el cálculo de la Huella de Carbono, los datos fueron recogidos en hojas de trabajo o fichas de consumo de combustible, energía eléctrica y gas refrigerante (Anexo I). Cada empresa contratista participante del proyecto, registró los consumos mensuales de combustible de cada equipo usado en la construcción e instalaciones temporales, vehículos usados para el transporte interno de personal, gas usado en aire acondicionado.

### 3.6. Huella de Carbono

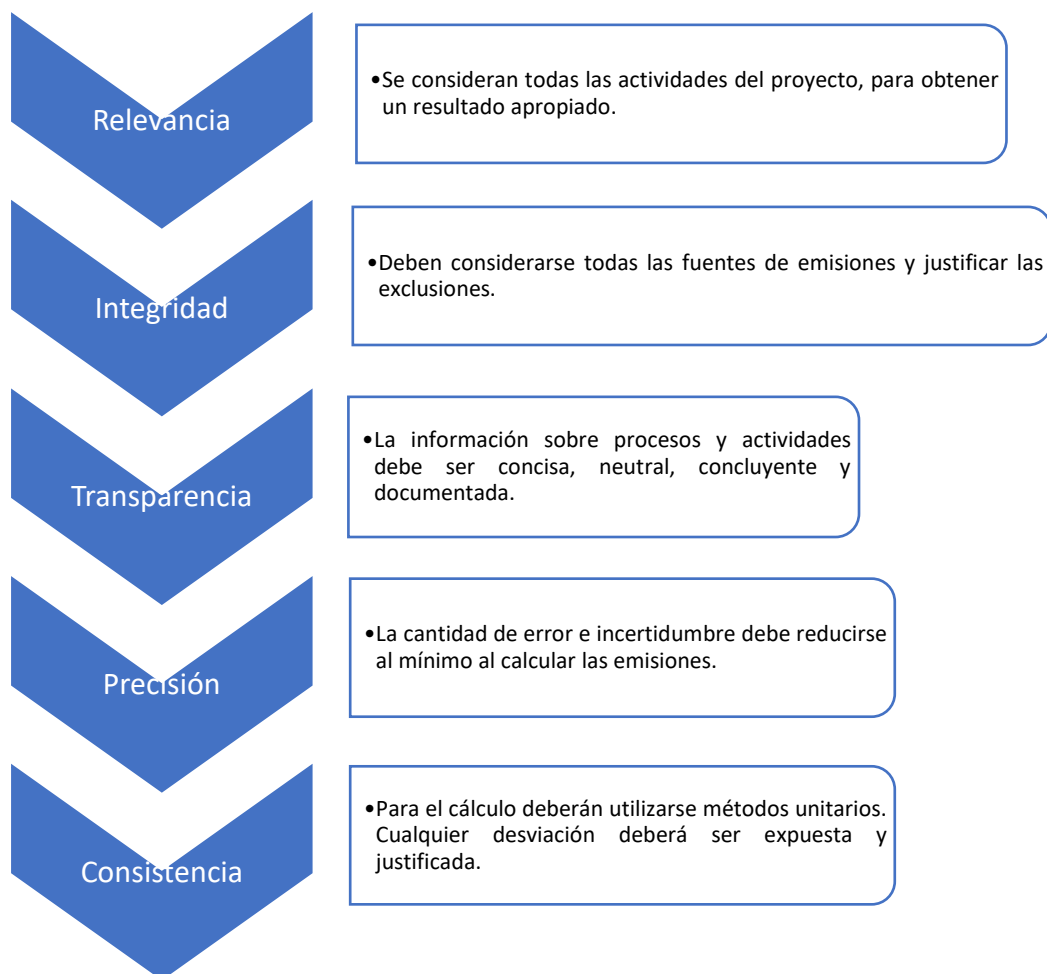
La Huella de Carbono del Proyecto de Ampliación del AIJC ha sido elaborada siguiendo las orientaciones de la guía sectorial, revisada y en conformidad con el Protocolo de GEI de la European Network of Construction Companies for Research and Development (ENCORD), de



acuerdo con lo establecido en mayo 2012: “Protocolo de medición de CO2 en Construcción”.

### 3.7. Principios de cálculo

Según los lineamientos establecidos en el Protocolo de GEI, el estudio se fundamenta sobre la base de principios:



**Figura 3. Principios Protocolo GEI. Elaboración propia, 2022.**

### 3.8. Gases de Efecto Invernadero

Los GEI considerados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y reconocidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático; considerados en el presente estudio son:

**Tabla 2. GEI listados por el IPCC y reconocidos en la UNFCCC<sup>1</sup>.**

<b>Gases de Efecto Invernadero</b>	<b>Descripción</b>	<b>PCG<sup>2</sup></b>
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	El gas natural es un subproducto de la combustión de combustibles fósiles, de algunos procesos industriales y de diversos cambios en la gestión del uso del suelo.	<b>1</b>
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	Gases liberados de algunas fuentes como: minería de carbón, vertederos, ganadería, exploración de petróleo y gas de descomposición anaeróbica de desechos orgánicos.	<b>28</b>
<b>Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	Un gas producido durante la producción de fertilizantes y la quema de combustibles fósiles, cuya fuente principal es el sector del transporte.	<b>265</b>
<b>Hidrofluorocarbonados (HFC)</b>	Se emiten en algunos procesos industriales y son usados con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado.	<b>140-11,700</b>
<b>Perfluorocarbonados (PFC)</b>	Estos gases se crearon e introdujeron para sustituir a algunos de los gases que agotan la capa de ozono y que se liberan durante diversos procesos industriales.	<b>6,500-9,200</b>
<b>Trifluoruro de Nitrógeno (NF<sub>3</sub>)</b>	Gas emitido en la fabricación de pantallas planas de cristal líquido.	<b>16,100</b>
<b>Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>)</b>	Este gas rara vez es emitido por procesos industriales, pero es el más potente de los gases de efecto invernadero. Se libera durante la fabricación de magnesio y se utiliza en algunos equipos eléctricos.	<b>23,900</b>

*Fuente: The Fifth Assessment Report (AR5), 2013 - IPCC*

Asimismo, uno de los factores utilizados para estandarizar la cuantificación es el Potencial de Calentamiento Global de los GEI con el dióxido de carbono (PCG), ya sea por sus diferencias en su composición química. La unidad de medida para cuantificar todos los GEI es el CO<sub>2</sub> equivalente

<sup>1</sup> UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

<sup>2</sup> PCG: Potencial de Calentamiento Global con respecto al dióxido de carbono

(CO<sub>2</sub>e), puesto que el gas con una mayor concentración en la atmósfera es el CO<sub>2</sub>.

### 3.9. Cálculo de emisiones de GEI

Se utilizaron principalmente los métodos descritos en las Directrices para los inventarios nacionales del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006, para calcular las emisiones de GEI. Es utilizado en todo el mundo por países totalmente calificados que informan sus inventarios nacionales de GEI.

#### 3.9.1. *Emisiones de GEI por consumo de combustible en equipos fijos y móviles*

Utilizando la metodología de la Guía del IPCC de 2006 y los factores de emisión por tipo de dispositivo, calculamos las emisiones de GEI del consumo de combustible para dispositivos estacionarios y móviles.

Según la guía del IPCC, las emisiones de gases de efecto invernadero de dispositivos móviles y fijos incluyen factores de emisión específicos para el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Para calcular estas emisiones se necesita información sobre el consumo de combustible y el tipo de equipo de combustión.

Para la determinación de emisiones de GEI derivadas del consumo de combustible por equipos fijos y móviles se consideró la siguiente ecuación:

$$Emisión = Cdy \times EFg$$

Dónde:

Emisión: Emisiones por consumo de combustible al año (Tco<sub>2</sub>)

Cdy: Consumo de combustible en el año convertido a unidades energéticas (Tera julios)

EFg: Factor de emisión por tipo de combustible (t/Tj GEI)

Las emisiones de metano y óxido nitroso se tratarán de la misma manera, con la diferencia de que los resultados de cada gas deben multiplicarse por su correspondiente potencial de calentamiento global para convertirlos en emisiones de CO<sub>2e</sub>. Los tres valores obtenidos en unidades de CO<sub>2e</sub> se suman para obtener las emisiones totales de GEI.

### **3.9.2. Emisiones de GEI por gas refrigerante**

El cálculo de las emisiones de GEI derivadas del uso de gas refrigerante se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$Emisión = Cry \times PCGr$$

Donde:

Emisión: Emisiones por recarga de gas refrigerante en el año (Kg HFC)

Cry: Recarga de gas refrigerante en el año (Kg)

PCGr: Potencial de Calentamiento Glogal del gas refrigerante

Para la realización de este cálculo, se realizó la sumatoria total de las recargas del gas refrigerante R410A para luego multiplicarlo su valor potencial de calentamiento global correspondiente sustraídos del reporte del IPCC: The Fifth Assessment Report (AR5).

### **3.9.3. Emisiones de GEI por consumo de energía eléctrica del SEIN**

Las emisiones de GEI producidas por el uso de electricidad por parte del SEIN se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$Emisión = ECy \times EFy$$

Donde:

Emisión: Emisiones por consumo de energía eléctrica en el año (Tco<sub>2</sub>).

ECy: Consumo de energía eléctrica en el año (MWh)

EFy: Factor de emisión por consumo de energía en el año (Tco<sub>2</sub>/MWh).

Las emisiones de metano y óxido nitroso se tratarán de la misma manera, con la diferencia de que los resultados de cada gas deben multiplicarse por su correspondiente potencial de calentamiento global para convertirlos en emisiones de CO<sub>2</sub>e. Las emisiones totales de GEI se obtienen sumando los tres valores obtenidos en unidades de CO<sub>2</sub>e.

#### **3.9.4. Fuentes de emisión y niveles de actividad**

Una fuente de Gases de Efecto Invernadero es cualquier proceso o actividad que libera a la atmosfera uno o más GEI considerados en el Protocolo de Kioto: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>).

Los niveles de actividad son datos sobre la magnitud de la actividad humana, resultante en emisiones que ocurren durante un periodo de tiempo determinado. Para este estudio se identificaron todas las fuentes de emisión de GEI aplicables al proyecto para los alcances 1 y 2 siguiendo los lineamientos de ENCORD.

A continuación, las fuentes de emisión y niveles de actividad identificadas:

**Tabla 3. Fuentes de emisión de GEI y niveles de actividad utilizados.**

Alcance	Fuentes de emisión identificadas	Nivel de actividad	Unidad
1	Consumo de combustible (Proyecto)	Consumo de diésel B5, diésel 2 y gasolina	Gal - l
	Consumo de combustible (instalaciones)	Consumo de gasolina y diésel B5	Gal - l
	Consumo de combustible en vehículos propios y controlados	Consumo de diésel B5 y diésel 2	kg
2	Procesos de producción	No aplicó para el 2021	-
	Emisiones fugitivas	Cantidad cargada de gas refrigerante	kg
	Consumo de energía eléctrica del SEIN (proyecto)	No aplicó para el 2021	-
	Consumo de energía eléctrica del SEIN (instalaciones)	Cantidad de Kilowatts hora consumida	kW/h

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.10. Factores de emisión

Los factores de emisión son valores numéricos que relacionan los niveles de actividad con la cantidad del compuesto químico (GEI) que será emitido específicamente por una fuente de emisión.

Los factores de emisión a ser utilizados en este cálculo son los que se detallan a continuación:

**Tabla 4. Factores de emisión de GEI utilizados.**

Alcance	Fuentes de emisión GEI	Indicador	Valor	Unidad	Fuente
1		Diesel	74,100	Kg CO <sub>2</sub> /TJ	
			3	Kg CH <sub>4</sub> /TJ	

		0.6	Kg N <sub>2</sub> O/TJ	Directrices del IPCC – 2006 Volumen 2 Energía
	Consumo de combustibles por equipos fijos	69,300	Kg CO <sub>2</sub> /TJ	
	Gasolina	3	Kg CH <sub>4</sub> /TJ	
		0.6	Kg N <sub>2</sub> O/TJ	
		74,100	Kg CO <sub>2</sub> /TJ	
	Diesel	3.9	Kg CH <sub>4</sub> /TJ	
		3.9	Kg N <sub>2</sub> O/TJ	
		69,300	Kg CO <sub>2</sub> /TJ	
	Consumo de combustibles por equipos móviles	33	Kg CH <sub>4</sub> /TJ	
	Gasolina	3.2	Kg N <sub>2</sub> O/TJ	
		63,100	Kg CO <sub>2</sub> /TJ	
	GLP	62	Kg CH <sub>4</sub> /TJ	
		0.2	Kg N <sub>2</sub> O/TJ	
		56,100	Kg CO <sub>2</sub> /TJ	
	GNV	92	Kg CH <sub>4</sub> /TJ	
		3	Kg N <sub>2</sub> O/TJ	
2	Consumo de energía eléctrica	Emisiones CO <sub>2</sub>	1.70E-01 Tco <sub>2</sub> /MWH	Ministerio del Ambiente
		Emisiones CH <sub>4</sub>	3.07E-06 TCH <sub>4</sub> /MWH	
		Emisiones N <sub>2</sub> O	3.29E-07 TN <sub>2</sub> O/MWH	
		CO <sub>2</sub>	1	
Potencial de Calentamiento Global		CH <sub>4</sub>	28	IPCC: The Fifth Assessment Report (AR5)-2013
		CH <sub>4</sub>	30	
		Biomasa	265	
		N <sub>2</sub> O	265	
		R410A	1,924	

Fuente: IPCC, 2013

**Tabla 5. Valores Calóricos Netos**

Combustible	Valor Calórico Neto (VCN)		Unidad
	No-Bicombustible	Bicombustible	
Diesel (B5)	1.42E-04	9.05E-05	TJ/gal
Gasolina (Gasohol)	1.22E-04	9.05E-05	TJ/gal
GLP	2.76E-02	-	TJ/m <sup>3</sup>

Fuente: INFOCARBONO - MINAM

### 3.11. Límite Organizacional

El límite de la organización es el definido por la empresa para fines de generación de informes y reportes de Huella de Carbono. Las empresas pueden elegir emisiones de GEI de operaciones bajo control financiero u operativo (enfoque de control) o emisiones de GEI de operaciones basadas en la propiedad (enfoque de participación accionaria).

El enfoque de control operativo utilizado en este estudio es el más adecuado para el tipo de trabajo que se realiza en el proyecto de Ampliación del AIJC.

Se incluyeron todas las instalaciones que se encuentran vinculadas, bajo el control y propiedad del operador del aeropuerto, que suministran servicios para la etapa de Construcción del Proyecto de Ampliación del AIJC en el periodo 2021.

***Tabla 6. Ubicación del proyecto***

Ubicación
Av. Nestor Gambetta 1490, Callao

*Fuente: Operador Aeropuerto, 2022.*

### **3.12. Límite Operacional**

Una vez que se establecen los límites organizacionales, se establecen los límites operativos. Se identifican las emisiones de GEI relacionadas con la construcción, se clasifican como emisiones de GEI directas o indirectas y se selecciona un alcance contable.

El inventario de GEI consideró todas las fuentes que directa e indirectamente causan emisiones:



- a) Alcance 1: Emisiones de GEI de fuentes que son propiedad o están controladas por la empresa
- b) Alcance 2: Emisiones de GEI asociadas al consumo de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)

En concordancia con la meta de reducción de emisiones de GEI en el Perú del 30% para el año 2030 (GMT, 2018), en el presente estudio se propondrán estrategias de reducción para aquellas fuentes que tengan más del 20% de la Huella de Carbono total obtenida.

A continuación, se desglosa cada una de las fuentes de emisión tenidas en cuenta durante la investigación:

**Tabla 7. Límites operacionales**

Alcance	Fuentes de emisión GEI	Indicador
<b>1</b>	Consumo de combustible (proyecto)	Incluye todo el combustible comprado por la empresa para su uso en el proyecto u obra (incluidos los sitios de construcción y los activos administrados, como edificios y carreteras). Cuando los materiales se fabrican en un sitio de construcción (por ejemplo, concreto), se debe incluir el combustible utilizado en este proceso.
	Consumo de combustible (Instalaciones)	Incluye todo el combustible comprado por el consorcio para su uso en las instalaciones que apoyan las actividades de la empresa. Esto incluirá oficinas, instalaciones de producción, almacenes, instalaciones de almacenamiento / mantenimiento de plantas y / o sitios utilizados para el ensamblaje de materiales de construcción.
	Consumo de combustible en vehículos propios o Controlados	Incluye todo el combustible de los vehículos de propiedad o de terceros, pero controlados (pagado por la empresa ya sea directa o indirectamente a través de asignaciones de kilometraje o gastos) para su uso en vehículos que circulan por la vía pública. Por ejemplo: viajes de negocios y los desplazamientos hacia y desde el trabajo en vehículos propios o controlados por la organización.
	Procesos de producción	Incluye las emisiones de GEI de los procesos físicos o químicos involucrados en la producción de productos minerales (como cemento y cal) y productos metálicos (como acero y aluminio)

## 2

	en instalaciones propiedad o bajo el control de empresas de construcción.
Emisiones fugitivas	Incluye las emisiones de GEI del aire acondicionado y las fugas de refrigerante de los equipos que la empresa constructora posee o controla.
Consumo de energía eléctrica del SEIN (Proyecto)	Incluye toda la electricidad comprada por la organización para su uso en un proyecto (incluidos los sitios de construcción y los activos administrados, como edificios y carreteras).
Consumo de energía eléctrica del SEIN (Instalaciones)	Incluye toda la electricidad comprada por la organización para su uso en las instalaciones que apoyan las actividades de la empresa. Esto incluirá oficinas, instalaciones de producción, almacenes, instalaciones de almacenamiento / mantenimiento de plantas y / o sitios utilizados para el ensamblaje de materiales de construcción.

*Fuente: Elaboración propia, 2022.*

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las emisiones de GEI generadas por las actividades que involucraron la etapa de Construcción del Proyecto de Ampliación del AIJC del año 2021 fueron de **16,475.35 tCO<sub>2eq</sub>**.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de emisiones de GEI, así como los porcentajes que representan para cada alcance y fuente de emisión:

**Tabla 8. Emisiones de GEI según fuentes y alcances**

FUENTE EMISIÓN GEI	Tco <sub>2</sub>	Tch <sub>4</sub>	TN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2e</sub>	%
<b>ALCANCE 1</b>					<b>98.9%</b>
Consumo combustible (proyecto)	14,057.45	0.72	0.67	14,256.33	86.53%
Consumo combustible (instalaciones)	1,323.65	0.05	0.01	1,327.99	8.06%
Consumo combustible en vehículos propios/controlados	659.02	0.04	0.03	669.21	4.06%
Gas refrigerante – emisiones fugitivas	-	-	-	38.48	0.23%
Emisiones de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O por biomasa (A1)	-	0.03	0.02	6.98	0.04%
<b>ALCANCE 2</b>					<b>1.1%</b>
Consumo de energía eléctrica del SEIN (instalaciones)	29.57	0.0005	0.55	176.35	1.07%

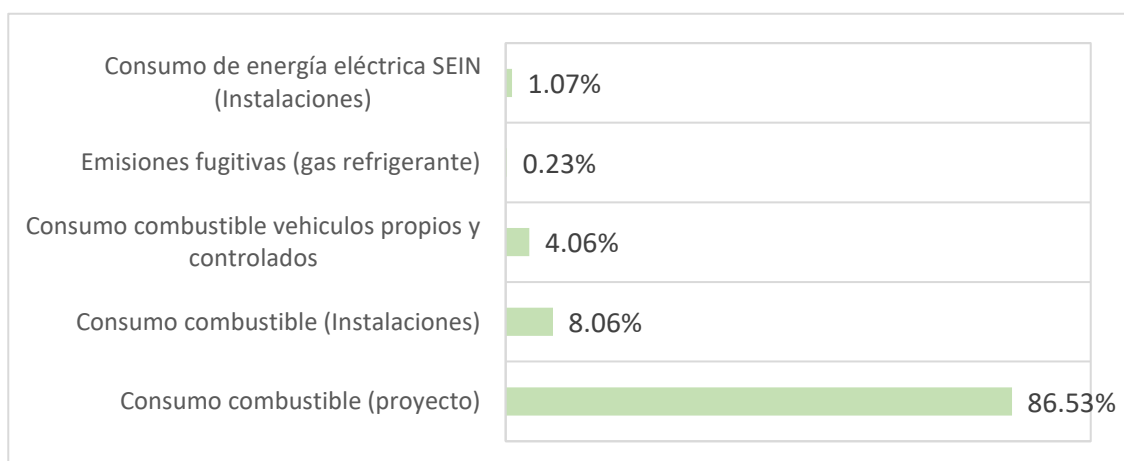
TOTAL EMISIONES	16,069.69	0.8405	1.28	16,475.35	100%
-----------------	-----------	--------	------	-----------	------

*Fuente: Elaboración propia, 2022.*

Según los datos mostrados en la tabla 8, podemos observar que el Alcance 1, es decir las emisiones directas representan el 98.9%; mientras que las emisiones indirectas provenientes del consumo eléctrico del SEIN (Alcance 2), representa el 1.1%.

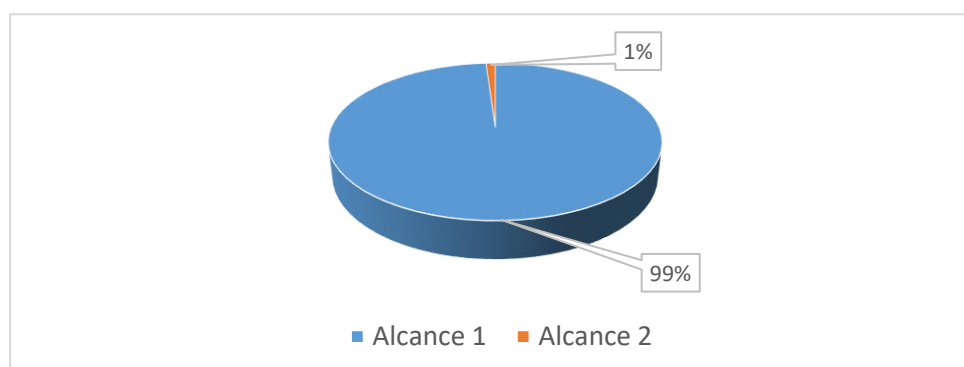
La mayor parte de las emisiones de GEI son atribuibles al consumo de combustible en vehículos y equipos utilizados en la industria de la construcción, como se muestra en la figura 4.

**Figura 4. Porcentaje de emisión por fuente**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 5. Porcentaje de emisión por alcances**



*Fuente: Elaboración propia, 2022*

## 4.1. Alcance 1

### 4.1.1. Consumo de combustible (proyecto)

Esta fuente considera las emisiones de GEI generadas principalmente por actividades que implica el movimiento de tierra, asfaltado y pavimentos. Para su ejecución, se realizaron consumos de diésel B5, diésel 2 y gasohol en diversos equipos, tanto fijos (torres de iluminación, grupo electrógeno, iluminaria, etc.) como móviles (volquetes, cisternas, camiones, etc.), siendo propios y controlados por la organización.

Las emisiones de GEI generadas por esta actividad resultaron 14,256.33 tCO<sub>2</sub>e, tal como se detallan en las siguientes tablas:

**Tabla 9. Consumo de combustible por equipos fijos o estacionarios – Emisiones de GEI**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO (GAL)	COMBUSTIBLE				
		Diésel (95%) Gasolina (92.2%)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2</sub> e
Diesel B5	147798.4	140408.51	1477.4	0.059	0.011	1482.2
Diesel 2	0.00	0.00	0	0	0	0
Gasohol	924.72	852.59	7.20	0.0003	6.2E-05	7.23
<b>TOTAL</b>	<b>148,723</b>	<b>141,261</b>	<b>1,484.6</b>	<b>0.06</b>	<b>0.01</b>	<b>1,489.48</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

En la tabla 9 se puede visualizar un menor consumo de combustible para los equipos fijos en comparación con los equipos móviles, básicamente dirigidos a la actividad de movimiento de tierras en el periodo 2021, tal como se muestra en la Tabla 10:

**Tabla 10. Consumo de combustible por equipos móviles – Emisiones de GEI**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO (GAL)	COMBUSTIBLE				
		Diésel (95%) Gasolina (92.2%)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2</sub> e

Diesel B5	2678.09	2678.09	28.18	0.00	0.00	28.61
Diesel 2	1'253,815.67	1'191,124.88	12,533.25	0.66	0.66	12,726.53
Gasohol	1,463.23	1349.10	11.41	0.01	0.00	11.70
<b>TOTAL</b>	<b>1'257,957</b>	<b>1'195,152</b>	<b>12,5723</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>12,767</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

#### **4.1.2. Consumo de combustible (instalaciones)**

Esta fuente representa principalmente las emisiones de GEI causadas por la generación de energía en grupos electrógenos en instalaciones conexas a las actividades del proyecto. Para este, se realizaron consumos de diésel B5 y gasohol. Adicionalmente, se utilizaron otros equipos fijos, en menor medida, tales como: vibradora, motobomba y atomizador, siendo estos propios y administrados por la organización.

Como se muestra en la tabla 11, esta actividad produjo 1.327,99 tCO<sub>2</sub>e en emisiones de GEI, en mayor porcentaje por el consumo de Diesel B5.

**Tabla 11. Consumo de combustible en instalaciones – Emisiones de GEI**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO (GAL)	COMBUSTIBLE		tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2</sub> e
		Diésel (95%)	Gasolina (92.2%)				
Diesel B5	130,132.39	123,625.77		1,300.82	0.05	0.01	1,305.08
Gasohol	2,929.50	2,701.00		22.84	0.00	0.00	22.92
<b>TOTAL</b>	<b>133,062</b>	<b>126,327</b>		<b>1,324</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>1,328</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

#### **4.1.3. Consumo de combustible en vehículos propios y controlados**

Esta fuente considera las emisiones de GEI generadas por el consumo de diésel B5, diésel 2 y gasohol, en vehículos designados

para el transporte interno del personal en el proyecto, siendo estos propios y controlados por la organización.

Las emisiones de GEI generadas por esta actividad resultaron 669.21 tCO<sub>2e</sub>, tal como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 12. Cantidad de combustible utilizado para transporte de pasajeros – Emisiones de GEI**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO (GAL)	COMBUSTIBLE		tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2e</sub>
		Diésel (95%)	Gasolina (92.2%)				
Diesel B5	906.05	906.05		9.530	0.014	0.133	9.68
Diesel 2	64,737.67	61,500.79		647.12	0.950	9.03	657.10
Gasohol	303.60	279.92		2.37	0.032	0.028	2.43
<b>TOTAL</b>	<b>65,947.32</b>	<b>62,687.76</b>		<b>659.02</b>	<b>0.141</b>	<b>9.191</b>	<b>669.21</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

#### **4.1.4. Gas refrigerante – Emisiones de GEI fugitivas**

Esta fuente contabiliza las emisiones de GEI producidas por fugas durante la recarga de gas refrigerante R-410A.

De acuerdo con el Required Greenhouse Gases in Inventories del GHG PROTOCOL8 este gas es uno de los que se contabiliza en la Huella de Carbono por ser un hidrofluorocarbono (HFC), ya que se encuentra en la lista de gases de efecto invernadero del Protocolo de Kyoto.

Como se muestra en la tabla siguiente, esta actividad produjo 38.48 tCO<sub>2e</sub>, en términos de emisiones de GEI:

**Tabla 13. Emisiones de GEI fugitivas**

TIPO DE GAS	RECARGA ANUAL (KG)	Tco <sub>2e</sub>
R-410 <sup>a</sup>	20	38.48

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Alcance 2

### 4.2.1. Consumo de energía eléctrica del SEIN (instalaciones)

Esta fuente considera las emisiones de GEI generadas por el consumo de energía eléctrica proveniente de la red nacional (SEIN) exclusivamente para las instalaciones que apoyaron a las actividades del proyecto tales como oficinas, campamentos, instalaciones de almacenamiento, etc.

Las emisiones de GEI de esta actividad fueron de 176.35 tCO<sub>2e</sub>, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 14. Consumo de energía eléctrica en instalaciones**

SUMINISTRO	CONSUMO TOTAL (kWh)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2e</sub>
Campamentos y accesos	168,330	28.6	0.00052	0.55	175.39
Suministro de RED	5,624	0.97	0.00002	0.00002	0.96
<b>TOTAL</b>	<b>173,954</b>	<b>29.57</b>	<b>0.00054</b>	<b>0.55</b>	<b>176.35</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.3. Combustion por Biomasa

El Gasohol, combustible conformado por gasolina (92.2%) y etanol (7.8%) y Diésel B5 por Diésel (95%) y Biodiesel (5%). Son biocombustibles, es

decir combustibles generados a base de materiales orgánicos (caña de azúcar, palma aceitera, piñón, etc.).

De acuerdo con los lineamientos del Protocolo de GEI, el metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) generados por biocombustibles se consideran en la Huella de Carbono específicamente en el Alcance 1, a diferencia de las emisiones por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que no son incluidas en la Huella de Carbono.

En este contexto, las emisiones de GEI por la combustión de biomasa se presentan a continuación:

**Tabla 15. Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) por biomasa**

tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2e</sub>
0.71	6.27	6.98

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 16. Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por biomasa**

tCO <sub>2</sub>
488.5

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4. Indicadores relevantes

Con la información recabada para la medición de la huella de carbono se generaron importantes indicadores que ayudaran a la organización para medir sus avances hacia la sostenibilidad de la empresa.

Estos indicadores servirán para la elaboración de futuros reportes de sostenibilidad. Así como para los compromisos ambientales y sociales de



la empresa. A continuación, se presentan los indicadores elaborados con información proporcionada por la empresa:

**Tabla 17. Indicadores relevantes – emisiones**

Descripción	Unidad	Proyecto 2021
<b>Generales</b>		
Emisiones de GEI total (alcance 1 y 2)	tCO <sub>2</sub>	16,475
Promedio anual de colaboradores	unidad	2,665
Emisiones de GEI per cápita	tCO <sub>2e</sub> /Colaborador	6.18
<b>Consumo de energía eléctrica de la RED</b>		
Consumo total	mWh	168.33
Consumo per cápita	mWh/colaborador	0.06
<b>Consumo total de combustible</b>		
Gasohol	gal	5,621
Diesel 2	gal	3,584
Diesel B5	gal	1'596,484
<b>Emisiones de GEI por metro cuadrado</b>		
Área total del proyecto en el 2021	m <sup>2</sup>	6'524,410.93
Emisiones de GEI por metro cuadrado	tCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup>	0.0025

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.5. Análisis y discusión de resultados**

Para el cálculo del inventario de GEI de 2021 se han seguido los principios y recomendaciones de ENCORD Construction CO2. Se considera que este protocolo es la herramienta de contabilidad internacional más utilizada en el sector de la construcción para identificar, cuantificar y controlar las emisiones de GEI. Esta norma internacional, que permite exclusiones de Alcance 3, se aplica ampliamente en todo el mundo.

Según la figura 4, el combustible usado en los equipos y vehículos para la construcción, son las fuentes significativas de emisión de Gases de Efecto Invernadero en el proyecto, como parte del Alcance 1. Los diferentes frentes de trabajo y los turnos extendidos generaron mayor demanda en el consumo de Diesel 2 y Diesel B5.

Los reportes mensuales enviados muestran una cantidad significativa de equipos y vehículos asignados para actividades como el movimiento de tierras entre sectores o zonas del proyecto (91%) y para el transporte de materiales (1.06%).

La tierra removida de cada emplazamiento tuvo dos destinos: como material de préstamo interno y un depósito de material excedente (DME). En el primer caso, el material removido fue depositado temporalmente adyacente a las excavaciones por lo que no se necesitó su traslado de un punto a otro; y en el caso del material excedente, se trazaron rutas de acceso para su transporte desde las zonas de generación hasta la DME.

En la figura 6 se muestra la ubicación de aquellas áreas donde el movimiento de tierras fue significativo. La distancia del punto más lejano (Lado Sureste) hacia la DME representa un viaje aproximado (ida y vuelta) de 12.36 km; y desde el área correspondiente a la Torre de Control y áreas auxiliares (zona 5), un aproximado de 5.24 km. Considerando que el promedio de viajes diarios para los vehículos de transporte de material fue 13, el total de kilómetros recorridos diarios desde la Pista de Aterrizaje y Torre de Control fue aproximadamente de 160 km y 68.12 km respectivamente.

En el año 2021, se tuvo un total de 1'500,00.00 m<sup>3</sup> de tierra removida proveniente en su mayoría de los emplazamientos diseñados para la infraestructura principal del proyecto como son la torre de control y pista de aterrizaje.

Las emisiones provenientes de los grupos electrógenos implementados para la generación de energía eléctrica para instalaciones como oficinas, baños, comedores y almacenes; representó el segundo grupo de mayor aporte considerado en el Alcance 1, con un total de 1329 tCO<sub>2e</sub>.

El tercer grupo corresponde a los vehículos para transporte de personas y supervisión con un total de 669 tCO<sub>2e</sub>; y para completar las emisiones de este alcance estuvo las emisiones por el uso de refrigerantes en los aires acondicionados, con un total de 38 tCO<sub>2e</sub>.

En ese sentido, la Huella de Carbono del proyecto de Ampliación del AIJC tiene un gran aporte de las emisiones provenientes del transporte interno, asignados para el movimiento de tierras y su acopio en el Depósito de Material Excedente (DME), como parte del Alcance 1.



Figura 6. Ubicación de áreas de movimiento de tierras



Fuente: Operador Aeropuerto



El consumo de energía eléctrica a partir del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional de Perú (SEIN) para provisión a las oficinas administrativas en campamento, correspondiente al Alcance 2, es el de menor aporte a la Huella de Carbono, con un total de 176 tCO<sub>2e</sub>. Los datos fueron consignados directamente del medidor instalado en obra y registrados por el técnico a cargo.

Según la Norma de Desempeño 3 de la International Finance Corporation (IFC, 2012), los proyectos que emitan más de 25,000 tCO<sub>2e</sub> anuales deben cuantificar las emisiones directas de sus instalaciones que son de su propiedad o que estén bajo el alcance, así como las indirectas generadas por la energía externa al proyecto.

#### **4.6. Planes de Reducción de GEI en Perú**

En abril de 2018, se promulgó la Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754), la cual tiene como propósito sentar los fundamentos para la formulación de políticas públicas dirigidas a abordar los desafíos del Cambio Climático. Posteriormente, en diciembre del mismo año, se emitió su reglamento mediante el Decreto Supremo 013-2019-MINAM.

El Reglamento establece varias acciones específicas para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI):

- **Medidas de mitigación:** El reglamento promueve la implementación de medidas de mitigación de GEI en los sectores de energía, transporte, industria, agricultura, entre otros. Esto puede incluir la promoción de fuentes de energía renovable, la eficiencia energética, la gestión sostenible de los bosques y la reducción de emisiones en el transporte.

- **Metas y objetivos:** El reglamento establece la necesidad de definir metas y objetivos específicos para la reducción de emisiones de GEI en los diferentes sectores económicos y territorios.
- **Reporte de emisiones:** Se establece la obligación de las entidades públicas y privadas de reportar sus emisiones de GEI al Registro Nacional de Emisiones de GEI. Esto permite un seguimiento y control de las emisiones y el cumplimiento de las metas.
- **Economía baja en carbono:** Se promueve la transición hacia una economía baja en carbono, fomentando la adopción de tecnologías y prácticas más limpias y sostenibles en las actividades productivas.
- **Participación ciudadana:** El reglamento enfatiza la importancia de la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con la mitigación del cambio climático, lo que incluye la consulta previa a las comunidades afectadas.
- **Adaptación al Cambio Climático:** Además de la mitigación, el reglamento aborda la adaptación al cambio climático, promoviendo acciones para enfrentar los impactos climáticos en diversos sectores, como la agricultura, la infraestructura y la salud.

En diciembre del mismo año se publicó el Informe Técnico Final para implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM-NDC), elaborado por el Grupo de Trabajo Multisectorial de naturaleza temporal, en el cual se elaboraron 91 medidas de adaptación y 62 medidas de mitigación frente al Cambio Climático las cuales están organizadas para los 5 principales sectores de emisión de GEI.

Según (GTM, 2018), el Sector Energía considera dos categorías para la mitigación: combustión estacionaria y móvil. Ambas tienen una meta de reducción para el año 2030 de 10.070 MtCO<sub>2e</sub> y 6.937 MtCO<sub>2e</sub> respectivamente. Entre las medidas planteadas se considera la utilización de energías renovables, reemplazo de calentadores eléctricos por calentadores solares de agua, uso de combustibles alternativos a los fósiles, promoción de Gas Natural Vehicular, Capacitación en la conducción de vehículos.

Las fuentes de emisión determinadas en el proyecto incluyen el uso de vehículos, consumo de energía eléctrica y uso de aire acondicionado. La Ley Marco sobre Cambio Climático y su Reglamento estipula las bases jurídicas y de gestión para que las organizaciones elaboren estrategias para la reducción de GEI.

#### 4.7. Estrategias de Reducción de GEI

La siguiente tabla, basada en los resultados de la huella de carbono del proyecto de ampliación de la AIJC, enumera las fuentes de emisiones de GEI correspondientes al desarrollo de estrategias de reducción y la evaluación de procedimientos para mejorar su rendimiento:

**Tabla 18. Estrategias de reducción por fuente de emisión**

FUENTE DE EMISIÓN	% HUELLA DE CARBONO	Tco <sub>2e</sub>
Consumo energía SEIN (instalaciones)	1.07	N.A
Emisiones fugitivas	0.23	N.A
Combustible vehículos propios y controlados	4.06	N.A
Combustible (instalaciones)	8.06	N.A
Combustible (proyecto)	86.53	Estrategia

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.7.1. Reducción combustible (proyecto)

De acuerdo con los resultados que se muestran de la tabla 8, el consumo total de combustible (diesel 2, diesel B5 y gasohol) fue de 1´406,680.14 galones, cuyo aporte a la Huella de Carbono total es de 14,256.48 tCO<sub>2e</sub>. Dentro de este grupo los equipos móviles (vehículos livianos y pesados) consumieron un total de 1´195,152.07 galones, emitiendo un total de 12,766.84 tCO<sub>2e</sub>.

Dentro de los vehículos que registraron un consumo más elevado se hallan los volquetes y camiones empleados en las labores de movimiento de tierras. Sin embargo, en contraste, los equipos de línea amarilla presentaron un consumo mínimo. En el caso de los primeros, este análisis consideró vehículos que funcionan con GLP o GNV disponibles en el mercado. Para los equipos de línea amarilla, se ofrecerán recomendaciones para mejorar su eficiencia operativa.

Para el cálculo, se consideró 52.34 TJ como actividad anual de consumo de energía de los camiones y volquetes, puesto que no se dispone de información respecto al factor de conversión de diésel a GLP o GNV.

Y776

En la siguiente tabla se observa que los camiones y volquetes que funcionan a GLP reducen sus emisiones en 3,396.29 tCO<sub>2e</sub>, mientras los que usan GNV reducen sus emisiones en 3,112.71 tCO<sub>2e</sub>:

**Tabla 19. Porcentaje de reducción por uso de GLP y GNV**

TIPO DE COMBUSTIBLE	ENERGÍA LIBERADA (TJ)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco <sub>2e</sub>	%REDUCCIÓN
Diesel 2	52.34	3878.394	0.204126	0.204126	3938.20	0%
GLP	52.34	3302.654	3.24508	0.010468	3396.29	3.29%
GNV	52.34	2936.274	4.81528	0.15702	3112.71	5.01%

*Fuente: Elaboración propia*




Por lo tanto, la adquisición bajo cualquier modalidad de vehículos livianos y pesados, con funcionamiento a GNV reducirán las emisiones en un 5.01%.

Complementario al punto anterior, se recomienda definir durante la planificación de un proyecto, rutas de acceso que permitan el mínimo tiempo de traslado e implementación de buenas prácticas de manejo como motor apagado mientras el vehículo esté estacionado y límites de velocidad acorde al estado de las vías.

Respecto a los equipos de línea amarilla utilizados en el proyecto, comprendían principalmente por cargadores frontales, excavadoras, retroexcavadoras, rodillos, grúas, minicargadores y bulldozer. (García, 2016) presenta algunas recomendaciones para la reducción en el consumo de combustible por año a partir de buenas prácticas recomendadas por la empresa Komatsu Ltd, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 20. Recomendaciones para la operación de cargador frontal**

RECOMENDACIONES	PRUEBAS
 <p>Interruptor Apagado</p>	<p>Evite el ralentí (incluso si es necesario durante 5 minutos) después de encender y antes de apagar. El ralentí desperdicia combustible. Es deseable parar el motor tanto como sea posible.</p> <p><b>Prueba:</b> reducción del ralentí del motor en 1 hora al día, 25 días al mes en una pala cargadora de 3 m<sup>3</sup>.</p> <p>Consumo de combustible en mínimo: 4.20 L/h</p> <p><b>Ahorro de combustible anual:</b> 1,260 L/año</p>



Detener el convertidor de par después de liberar la presión hidráulica aumentará el consumo de combustible.

**Prueba:** Reduzca el alivio hidráulico en 30 minutos al día y 25 días al mes.

Carga en ángulo de 30° en V: 28 L/h  
Alivio de presión hidráulica y calado del convertidor de torque: 43 L/h

**Ahorro de combustible anual: 6,450 L/año**

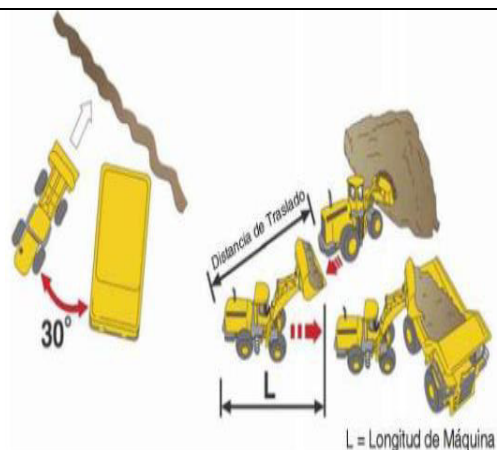


Evita que los neumáticos patinen. Si el neumático resbala, la excavadora no podrá excavar ni cargar. El deslizamiento prolongado de los neumáticos provoca un consumo innecesario de combustible.

a) Empujar el cucharón hacia abajo mientras se excava, levanta la rueda delantera (reduce la carga en la rueda delantera), haciendo que la rueda delantera se vuelve resbaladiza. Dejar el cucharón en el suelo un rato antes de cavar.

b) Si los neumáticos muestran signos de derrape, suelte ligeramente el acelerador y aplique presión gradualmente para aumentar la velocidad del motor justo antes de derrapar antes de excavar y cargar.

c) Cuando las llantas comiencen a patinar nuevamente, suelte el acelerador una vez y pise nuevamente como se describe en el punto b.

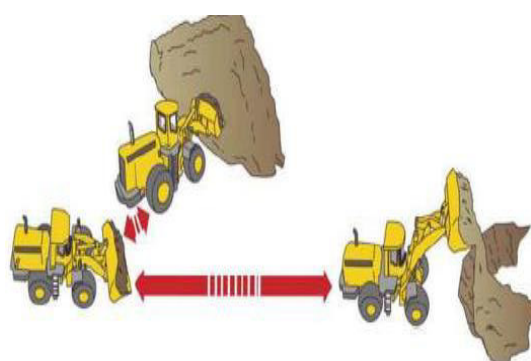


Acorte la distancia de carga y minimice el ángulo V de carga.

**Prueba:** 0.8L (longitud de máquina). Distancia hacia adelante y hacia atrás. Carga de 30° en forma V.

Economía de combustible:

**0.8L: 116%**  
1.0L: 100%  
1.5L: 92%



Muévase lentamente. Cuanto más rápido conduzca, mayor será el régimen de revoluciones del motor, por lo que se utiliza más combustible. Por el contrario, reducir las revoluciones del motor mejorará la economía de combustible en el camino.

**Prueba:** Proceso de carga y transferencia. Cucharón lleno.

Distancia de traslado de 95m.

Consumo de combustible:

21 km/h: 100%  
17 km/h: 79%  
14 km/h: 65%

Eficiencia de combustible:

21 km/h: 100%  
17 km/h: 116%  
14 km/h: 124%

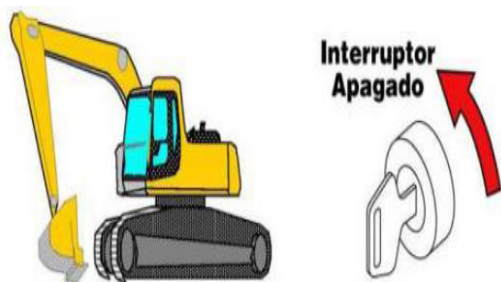
Fuente: García, 2016

Según la tabla 20, la reducción en el consumo de combustible por un cargador frontal equivale a 7,711 litros por año. En el proyecto se dispone de 18 unidades, reduciéndose un total de 138,798 litros (36,667 galones).

**Tabla 21. Recomendaciones para la operación de excavadoras y retroexcavadoras**

**RECOMENDACIONES**

**PRUEBAS**



Evite dejar el motor en ralentí. Pare el motor lo antes posible. No deje el motor en ralentí mientras espera o descansa.

**Prueba:** Reduzca el tiempo de funcionamiento del motor en ralentí en 1 hora al día y por 25 días, en excavadora de 20 tn.

Consumo de combustible en mínimo: 0.76 L/h

**Ahorro de combustible anual:**

**228 L/año**



Evite conectar y desconectar la presión hidráulica tanto como sea posible. Excave con cuidado y mantenga la carga ligera. Cuando se elimina presión hidráulica sin movimiento de la cuchara y no está cargado. Es decir, no funciona, pero consume combustible.

**Prueba:** Reduzca el alivio hidráulico en 6 minutos al día, 25 al mes.

Cuando se libera la presión hidráulica: 28 L/h

**Ahorro de combustible anual:**

**840 L/año**



Reduzca la velocidad del motor. Utilice modo "E", mismo funcionamiento, pero con menor velocidad y consumo. La velocidad más baja del motor también reduce la productividad, pero esto se compensa con una mayor eficiencia del combustible.

**Prueba:** Excavadora de 20 toneladas. Cargue en un camión volquete estacionado a la misma altura. Carga sobre camión volquete con ángulo de giro de 90° para excavar tierra y arena.

Consumo de combustible en modo E: 77%

Producción en modo E: 88%

**Eficiencia del combustible en modo E: 114%**

Nota: La eficiencia del combustible depende del material que está perforando.

Convencional

Recomendada



Excavación de cuesta completa



Excavación escalonada

Eleve la posición de perforación. Realizar excavación escalonada. La altura del banco debe ser igual o ligeramente superior a la del camión volquete. Excavar la parte superior de la pendiente y luego excavar el suelo acorta el ciclo de trabajo en lugar de excavar toda la pendiente.

**Prueba:**

Excavadora de 20 toneladas.

Cargando un camión de volteo estacionado al mismo nivel. Excavando hacia bajo. Cargando un camión de volteo usando ángulos de giro de 90°. Excavando material.

En cuesta escalonada: Ciclo de trabajo: 88%

**Consumo de combustible: 98%**

Producción: 106%

**Eficiencia del combustible: 108%**

Disminuya el ángulo de rotación. Acercarse al camión volquete. Los ángulos de dirección más pequeños al cargar volquete dan como resultado ciclos de trabajo más rápidos, una mayor productividad por

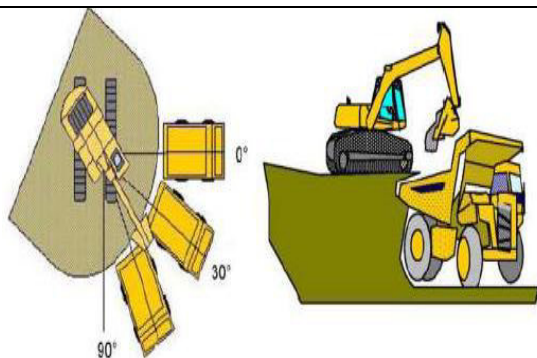
**Prueba:**

Excavadora de 20 toneladas.

Considerando un ángulo de giro de 30°:

Ciclo de trabajo: 96%

Consumo de combustible: 101%

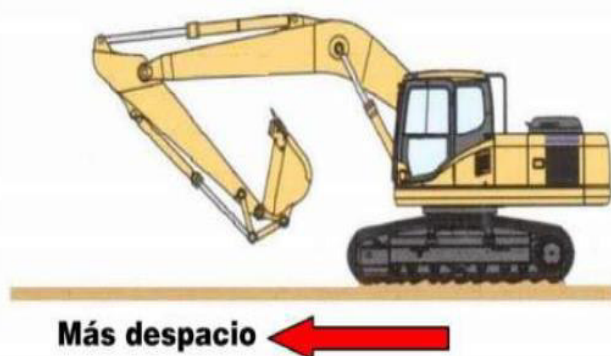


hora y una mejor economía de combustible.

Producción: 104%

Eficiencia del combustible:

103%



Moverse lentamente. Cuanto más rápido conduzca, mayor será la velocidad del motor y más combustible consumirá. Por el contrario, reducir la velocidad mejorará la eficiencia del combustible durante los desplazamientos.

**Prueba:**

Excavadora de 20 toneladas.

Considerando 15% menos de aceleración del motor:

Velocidad media de traslado: 71%

Consumo de combustible: 67%

Eficiencia del combustible: 106%

*Fuente: García, 2016*

En la tabla 21, la reducción en el consumo de combustible por una excavadora y/o retroexcavadora equivale a 1,068 litros por año. En el proyecto se dispuso de 72 unidades, reduciéndose un total de 76,896 litros (20,313 galones).

A continuación, se presenta el porcentaje de reducción en la emisión de GEI según tipo de vehículo:

**Tabla 22. Porcentaje de reducción debido a las buenas prácticas de operación**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO DIESEL B5	ENERGÍA LIBERADA (TJ)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco2e	%REDUCCIÓN RESPECTO A HC
Cargador	36,667	4.94	366.53	0.02	0.02	<b>372.18</b>	<b>3.5%</b>
Excavadora/Retroexcavadora	20,313	2.74	203.05	0.01	0.01	<b>206.18</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.7.2. Reducción combustible (instalaciones)**

Los grupos electrógenos utilizados en el proyecto consumieron un total de 133,062 galones de Diesel B5 y Gasohol, emitiendo 1,328 tCO<sub>2e</sub>. En la siguiente tabla se muestra la reducción en las emisiones si se reemplaza los grupos electrógenos convencionales por GLP o GNV:

**Tabla 23. Porcentaje de reducción por el reemplazo a GLP y GNV**

TIPO DE COMBUSTIBLE	ENERGÍA LIBERADA (TJ)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco2e	%REDUCCIÓN RESPECTO A HC
GLP	18.89	1,192.26	0.02	0.00	1,193.29	<b>0.81%</b>
GNV	16.23	910.70	0.02	0.00	911.59	<b>2.53%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Como se muestra en la tabla 23, el reemplazo de grupos electrógenos de diésel por GNV, generaría una reducción del 2.53% en la Huella de Carbono.

#### **4.7.3. Combustible de vehículos propios y controlados**

Al igual que los casos anteriores, el reemplazo o adquisición de vehículos de Diesel por aquellos con tecnología GNV, generarían una reducción en la Huella de Carbono igual a 1.16%:



**Tabla 24. Porcentaje de reducción por el reemplazo de GLP y GNV**

TIPO DE COMBUSTIBLE	ENERGÍA LIBERADA (TJ)	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	Tco2e	%REDUCCIÓN RESPECTO A HC
GLP	9.36	590.90	0.58	0.00	607.65	<b>0.37%</b>
GNV	8.05	451.35	0.74	0.02	478.48	<b>1.16%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.7.4. Emisiones fugitivas**

Las emisiones generadas por el uso de aire acondicionado en el año 2021, se considera temporal (época de verano), razón por la cual las emisiones generadas no son significativas. Las recomendaciones generales para este tipo de sistema y según especificaciones del proveedor, radica en el mantenimiento preventivo, el cual es realizado cada mes.

#### **4.7.5. Consumo energía SEIN**

El consumo total de energía eléctrica en el año 2021 fue de 173.95 MWh, representando el 1.07% del total de la Huella de Carbono. Este consumo incluye principalmente energía para oficinas, equipos de cómputo, pantallas LED, artefactos domésticos. Según (García, 2016) los sistemas solares fotovoltaicos representan la opción más adecuada para disminuir las emisiones de GEI.

Sin embargo, considerando que la situación del estudio es similar a la del proyecto de Ampliación del AIJC, la inversión aproximada sería de \$162,616 dólares americanos, así como la carencia de espacio fijo en las obras de construcción debido a su dinamismo constante.



## CONCLUSIONES

- Se ha logrado elaborar una propuesta integral para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados en el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, basada en un análisis de la Huella de Carbono. Esta propuesta ofrece un enfoque estratégico y práctico para abordar los desafíos ambientales asociados con la expansión de infraestructuras aeroportuarias.
- Se ha evidenciado que el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez puede beneficiarse de la aplicabilidad de los Planes Nacionales de Reducción de GEI, alineándose con la Ley Marco de Cambio Climático y su Reglamento, lo que ofrece oportunidades para una implementación efectiva y mejora continua en el ámbito aeroportuario.
- Se ha demostrado que la implementación de estrategias específicas y factibles, como el reemplazo de vehículos por tecnologías libres de carbono y la adopción de buenas prácticas de manejo para equipos pesados, puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en el proyecto de ampliación del aeropuerto, contribuyendo así a minimizar su impacto ambiental y cumplir con los objetivos de sostenibilidad ambiental del proyecto.
- La implementación de estrategias de reducción, como el reemplazo de combustibles y buenas prácticas de manejo de equipos, en proyectos similares a la Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, podría reducir aproximadamente un 12.2% de la Huella de Carbono, equivalente a 2,009.99 tCO<sub>2</sub>e. Estos resultados proporcionan una base

sólida para la aplicación de las estrategias propuestas en este estudio en otros proyectos del sector de la construcción.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que el proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez adopte las estrategias específicas identificadas en el estudio para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esto incluye el reemplazo de combustibles y la implementación de buenas prácticas de manejo de equipos.
- Se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo de las emisiones de GEI durante todas las etapas del proyecto. Esto permitirá evaluar la efectividad de las estrategias implementadas y realizar ajustes según sea necesario para garantizar la reducción sostenida de las emisiones.
- Se sugiere establecer alianzas y colaboraciones con otras entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y el sector privado para compartir mejores prácticas, recursos y conocimientos en materia de mitigación de cambio climático y reducción de GEI.
- Se recomienda proporcionar capacitación regular sobre temas de cambio climático, huella de carbono y prácticas sostenibles a todo el personal involucrado en el proyecto. Además, es importante sensibilizar a todas las partes interesadas sobre la importancia de la reducción de GEI y promover la participación activa en las iniciativas de sostenibilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerna L. (2016). *Medida de Huella de Carbono en la perforación de un pozo de gas natural en la selva peruana*. [Tesis para obtención del grado de Ingeniero ambiental]. Universidad Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2669/T01-C4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).1992. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Crispin A. (2018). *Determinación de la Huella de Carbono de la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC en la Unidad Minera El Brocal*. [Tesis para obtención del grado de Maestro en Seguridad y Medio Ambiente en Minería]. Universidad Nacional del Centro del Perú. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6211/T010\\_45727071\\_M%20-%20Abel%20Crispin%20Jurado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6211/T010_45727071_M%20-%20Abel%20Crispin%20Jurado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

European Network of Construction Companies for Research and Development (ENCORD). 2012. *Construction CO2e e Measurement Protocol: A Guide to reporting against the Green House Gas Protocol for construction companies*. Versión 1. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ENCORD-Construction-CO2-Measurement-Protocol-Lo-Res\\_FINAL\\_0.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ENCORD-Construction-CO2-Measurement-Protocol-Lo-Res_FINAL_0.pdf)

- Galarza C. (2016). *Estimación de la Huella de Carbono según la ISO 14064-1 Alcance 1 y 2 de una planta productora de concreto premezclado y prefabricado*. [Tesis para obtención del grado de Ingeniero ambiental]. Universidad Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2670/T01-G34-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez E. (2018). *El papel de la organización de la aviación comercial de México en la Huella de Carbono (2005-2017)*. [Tesis para obtención del grado de Maestro en Administración Integral del Ambiente, COLEF]. <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-G%C3%B3mez-Rojo-Eddy-Alonso.pdf>
- Grupo de Trabajo Multisectorial (GTM). 2018. *Informe Final para orientar la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas*. [https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/01/190107\\_Informe-final-GTM-NDC\\_v17dic18.pdfPA%c3%91OL.pdf](https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/01/190107_Informe-final-GTM-NDC_v17dic18.pdfPA%c3%91OL.pdf)
- Hernández P (2010). *Alternativas para la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero a través de plantaciones forestales*. [Tesis para adquirir el grado de Magister en Socio economía Ambiental]. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Postgrado del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 12, 21p. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4668e/A4668e.pdf>
- ISO (International Organization for Standardization). 2018. *ISO 14064-1:2018 Gases de Efecto Invernadero – Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de Efecto Invernadero*. 2da. Edición. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:es>

IFC (International Finance Corporation). 2012. *Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social*.  
[https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/30e31768-daf7-46b4-9dd8-52ed2e995a50/PS\\_Spanish\\_2012\\_Full-Document.pdf?MOD=AJPERES&CVID=k5LIWsu](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/30e31768-daf7-46b4-9dd8-52ed2e995a50/PS_Spanish_2012_Full-Document.pdf?MOD=AJPERES&CVID=k5LIWsu)

Jurado C., Lizcano Y. (2015). *Determinación de la Huella de Carbono en el Aeropuerto Internacional El Dorado a la luz del Protocolo Greenhouse GAS (GHG)*. [Tesis para optar el título de Especialista en Gerencia Ambiental]. Universidad Libre.  
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10671/HU-ELLA%20DE%20CARBONO%20AEROPUERTO%20%20EL%20DORADO%20%20PROTOCOLO%20GHG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez J. (2019). *Cálculo de Huella de Carbono de una vivienda y propuesta para reducir emisiones de GEI durante su construcción. Estudio caso en Puebla*. [Tesis para optar el título de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].  
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/4704/687019T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio del Ambiente (MINAM). 2021. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFORCARBONO)*.  
<https://infocarbono.minam.gob.pe/>

Ministerio del Ambiente (MINAM). 2021. *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2016 Categoría “Combustión Móvil”*.  
[https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/RAGEI-2016\\_Combusti%C3%B3n-M%C3%B3vil\\_Ajustado-MINAM-11-06-21-2.pdf](https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/RAGEI-2016_Combusti%C3%B3n-M%C3%B3vil_Ajustado-MINAM-11-06-21-2.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente de Chile (MMA). 2021. *MMA homepage* (en línea). Consultado 11 dic 2021. <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (24 de noviembre del 2020). *Panorama Económico Nacional y el Sector Construcción*. <https://bit.ly/3eNGC6Z>

Núñez J. (2019). *Aplicación de un impuesto a las emisiones de CO2 por aviones comerciales para disminuir los contaminantes en la fuente de emisión*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental]. Universidad Ricardo Palma. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2916/ECOL\\_T030\\_42538297\\_M%20%20%20N%C3%9A%C3%91EZ%20PESANTES%20JOS%C3%89%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2916/ECOL_T030_42538297_M%20%20%20N%C3%9A%C3%91EZ%20PESANTES%20JOS%C3%89%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2016. *La ONU y el Cambio Climático*. Disponible en: <http://www.un.org/climatechange/es/>.

García M. (2016). *Análisis de la Huella de Carbono de una industria de concreto y agregados en sus tres alcances*. [Tesis para obtención del grado de Ingeniero ambiental. Universidad Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3119/garcia-quiros-maria-olivia.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Quispe G. (2020). *La Huella de Carbono relacionado del consumo del combustible de las unidades de transporte de la Universidad Nacional del Altiplano Puno*. [Tesis para obtención del grado de Doctoris Scientiae en Economía y Desarrollo Sostenible]. Universidad Nacional del Altiplano. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15699/German\\_Roberto\\_Quispe\\_Zapana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15699/German_Roberto_Quispe_Zapana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- WRI (World Resources Institute, US); WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, CH); SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). (2005). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: estándar corporativo de contabilidad y reporte*. 138 pp.  
[https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo\\_spanish.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2000). *Informe especial: Escenarios de emisiones. Resumen para responsables de políticas*. Ginebra, Suiza. 608 pp.  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/emissions\\_scenarios-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/emissions_scenarios-1.pdf)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. 354pp.  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands\\_Supplement\\_Entire\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf)
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). (2020). *NTP-ISO 14064-1:2020 Gases de Efecto Invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*. 3era Edición.  
<https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/detalle.aspx?id=32293&idtv=8541>
- IATA (The International Air Transport Association). (2019). *El Valor de la Aviación en Perú*.  
[https://www.iata.org/contentassets/bc041f5b6b96476a80db109f220f8904/peru\\_the\\_importance\\_air\\_transport\\_sp.pdf](https://www.iata.org/contentassets/bc041f5b6b96476a80db109f220f8904/peru_the_importance_air_transport_sp.pdf)

OSITRAN (Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público). (2020). *Documento de Trabajo N°1: Repercusión del COVID-19 en el sector aeronáutico en el Perú y el Mundo*. <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/12/repercusion-covid-19-sector-aeronautico-peru-mundo.pdf>

## **ANEXOS**



**ANEXO I: REPORTE MENSUAL DE CONSUMO – HUELLA DE CARBONO**

HUELLA DE CARBONO DE CONSTRUCCIÓN		
Periodo de información requerido:		
Alcances del estudio: 1 y 2		
Contacto A2G:		
INFORMACIÓN REQUERIDA:		
<b>A Datos generales:</b>		
* Indicar el nombre de la <b>empresa constructora</b> o consorcio que <b>estará a cargo</b> de las actividades de construcción durante el 2021:		
<input type="text"/>		
* Indicar las actividades que realizará la empresa constructora o consorcio durante el 2021:		
1.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
* Indicar la ubicación del proyecto de construcción en el 2021:		
<input type="text"/>		

## ALCANCE 1

### 1 Consumo de combustible (proyecto):

*Incluye todo el combustible comprado por el consorcio para su uso en el proyecto u obra (incluidos los sitios de construcción y los activos administrados, como edificios y carreteras). Cuando los materiales se fabrican en un sitio de construcción (por ejemplo, concreto), se debe incluir el combustible utilizado en este proceso.*

Ejm: **Equipos fijos** Generadores eléctricos

Ejm: **Equipos móviles** Grúas, volquetes, etc...

### 2 Consumo de combustible (instalaciones):

*Incluye todo el combustible comprado por el consorcio para su uso en las instalaciones que apoyan las actividades de la empresa. Esto incluirá oficinas, instalaciones de producción, almacenes, instalaciones de almacenamiento / mantenimiento de plantas y / o sitios utilizados para el ensamblaje de materiales de construcción.*

Ejm: **Equipos fijos** Generadores eléctricos

Ejm: **Equipos móviles** Camionetas, camiones, etc...

### 3 Consumo de combustible en vehículos propios o controlados:

*Incluye todo el combustible de los vehículos de propiedad o de terceros, pero controlados (pagado por la empresa ya sea directa o indirectamente a través de asignaciones de kilometraje o gastos) para su uso en vehículos que circulan por la vía pública. Por ejemplo: viajes de negocios y los desplazamientos hacia y desde el trabajo en vehículos **propios o controlados por la empresa**.*

Ejm: **Vehículos controlados o propios** (automóviles, vans, camionetas, vehículos pesados, etc.)

### 4 Procesos de producción:

*Incluye las emisiones de GEI del proceso físico o químico involucrado en la producción de productos minerales (como cemento y cal) y productos metálicos (como acero y aluminio) dentro de las instalaciones de propiedad o controladas por la empresa constructora.*

*Registro del tipo, composición y toneladas producidas del insumo.*

### 5 Emisiones fugitivas:

*Incluye las emisiones de GEI del aire acondicionado y las fugas de refrigerante de los equipos de propiedad o controlados por la empresa constructora.*

*Registro de la cantidad y tipo de gas refrigerante utilizados en los equipos de aire acondicionado.*

**ALCANCE 2****6 Consumo de energía eléctrica del SEIN (proyecto):**

*Incluye toda la electricidad comprada por la organización para su uso en un proyecto (incluidos los sitios de construcción y los activos administrados, como edificios y carreteras).*

*Registro del consumo de energía eléctrica de la red pública en kilowatt hora (KW/h).*

*No se considera la generación de energía producida por grupos electrógenos.*

**7 Consumo de energía eléctrica del SEIN (instalaciones):**

*Incluye toda la electricidad comprada por la organización para su uso en las instalaciones que apoyan las actividades de la empresa. Esto incluirá oficinas, instalaciones de producción, almacenes, instalaciones de almacenamiento / mantenimiento de plantas y / o sitios utilizados para el ensamblaje de materiales de construcción.*

*Registro del consumo de energía eléctrica de la red pública en kilowatt hora (KW/h).*

*No se considera la generación de energía producida por grupos electrógenos.*















**ANEXO II: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>VARIABLES 1</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
Análisis de la Huella de Carbono del Proyecto de Ampliación del AIJC	La huella de carbono se define como una cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se liberan a la atmósfera como resultado de las actividades de desarrollo.	Emisiones en el Alcance 1	emisiones directas (consumo combustible)	GgCO2eq
		Emisiones en el Alcance 2	emisiones indirectas (consumo electricidad)	GgCO2eq
<b>VARIABLE 2</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
Propuesta de reducción de GEI en las actividades del Proyecto de Ampliación del AIJC.	La reducción de GEI se define como la aplicación de políticas y tecnologías que reducen las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.	Planes Nacionales de Reducción de GEI	Estándares nacionales de reducción en sector aeronáutico	Implementación de medidas de mitigación específicas
		Estrategias de Reducción de GEI	Métodos o tecnologías disponibles para la reducción	%Reducción de gases de efecto invernadero

**ANEXO III: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO	PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN, MUESTRA	TÉCNICAS INSTRUMENTOS
Análisis de la Huella de Carbono en el sector aeronáutico y propuesta de reducción de Gases de Efecto Invernadero. Estudio caso: Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez	<p><b><u>Problema General</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida el análisis de la Huella de Carbono en una empresa del sector Aeronáutico permite la reducción de Gases de Efecto Invernadero?</li> </ul> <p><b><u>Problemas Específicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera los Planes Nacionales de Reducción de GEI, son aplicables en el proyecto de Ampliación del AIJC?</li> <li>¿Es posible establecer estrategias de Reducción de GEI, a partir del análisis de Huella de Carbono del proyecto de Ampliación del AIJC?</li> <li>¿Es posible la reducción de los GEI en proyectos similares a la Ampliación del AIJC?</li> </ul>	<p><b><u>Objetivo General</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar una propuesta de reducción de Gases de Efecto Invernadero generados en el proyecto de Ampliación del AIJC, a partir del análisis de la Huella de Carbono.</li> </ul> <p><b><u>Objetivos específicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar la aplicabilidad de los Planes Nacionales de Reducción de GEI en el proyecto de Ampliación del AIJC, a partir del Análisis de la Huella de Carbono.</li> <li>Establecer estrategias de Reducción de GEI en el proyecto de Ampliación del AIJC, a partir del Análisis de la Huella de Carbono.</li> <li>Evaluar el porcentaje de reducción de GEI en proyectos similares del sector construcción, considerando las estrategias propuestas.</li> </ul>	<p><b><u>Hipótesis general</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El análisis de la Huella de Carbono permitirá la elaboración de una propuesta de Reducción de Gases de Efecto Invernadero.</li> </ul> <p><b><u>Hipótesis específicas</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los Planes Nacionales de Reducción de GEI son aplicables en el proyecto de Ampliación del AIJC.</li> <li>Las estrategias establecidas, reducirán la emisión de Gases de Efecto Invernadero en el proyecto de Ampliación del AIJC.</li> <li>Las propuestas de reducción permitirán disminuir los GEI emitidos en proyectos similares del sector construcción.</li> </ul>	<p><b><u>Variable independiente (V<sub>1</sub>)</u></b></p> <p>Análisis de Huella de Carbono del Proyecto de Ampliación del AIJC</p> <p><b><u>Variable dependiente (V<sub>2</sub>)</u></b></p> <p>Propuesta de reducción de GEI en las actividades del Proyecto de Ampliación del AIJC.</p>	<p><b>V1</b></p> <p>1.1. GgCO<sub>2</sub>eq emisiones directas (consumo combustible)</p> <p>1.2. GgCO<sub>2</sub>eq emisiones indirectas (consumo electricidad)</p> <p><b>V2</b></p> <p>2.1. Estándares nacionales de reducción en sector aeronáutico</p> <p>2.2. Métodos o tecnologías disponibles para la reducción</p>	<p><b><u>Tipo de investigación</u></b></p> <p>Cuantitativa</p> <p><b><u>Nivel del Estudio</u></b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b><u>Diseño de la investigación</u></b></p> <p>No experimental</p>	<p><b><u>Población</u></b></p> <p>Aeropuerto Internacional Jorge Chávez</p> <p><b><u>Muestra</u></b></p> <p>Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.</p>	<p><b><u>Técnicas</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de datos</li> </ul> <p><b><u>Instrumento (s)</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reporte de Consumo de combustible y energía eléctrica</li> </ul>