

# Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



## “ECOPERFIL DEL TOP DE FIBRA DE ALPACA EN BASE A UN ESTUDIO DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO EN LA REGIÓN DE AREQUIPA”

Tesis presentada por la Bachiller:

**Adrian Carrasco, Isabel Martina**

Para optar el Título Profesional de

**Ingeniera Ambiental**


Asesor:

**Mg. Chanove Manrique, Andrea Marieta**

**Arequipa- Perú**

**2019**

DICTÁMENES

  
AREQUIPA - PERU

*Universidad Católica de Santa María*  
(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 [ucsm@ucsm.edu.pe](mailto:ucsm@ucsm.edu.pe) <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**INFORME DICTAMEN BORRADOR DE TESIS**

VISTO

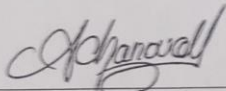
EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:  
" Ecoperfil del top de fibra de alpaca en base a un estudio del inventario del ciclo de vida del producto en la región de Arequipa"

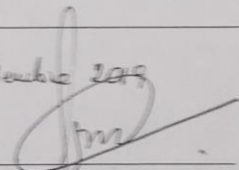
Presentado por el (los) Bachiller (es):  
Isabel Martina Adrian Carrasco

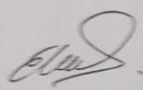
Nuestro DICTAMEN es:  
FAVORABLE, APTA PARA SUSTENTACION

OBSERVACIONES:

Arequipa 26 de Setiembre 2019

  
DICTAMINADOR  
M.Sc. Ing. Andres Espanole Manrique  
Cod. 3196.

  
DICTAMINADOR  
Dr. Blgo. Fernando Arenaz Rodriguez  
Cod. 2829.

  
DICTAMINADOR  
Dto. Ing. Maria Elizabeth Resorano Meza  
Codigo 9305

## DEDICATORIA



*A Dios y a la Virgen María.*

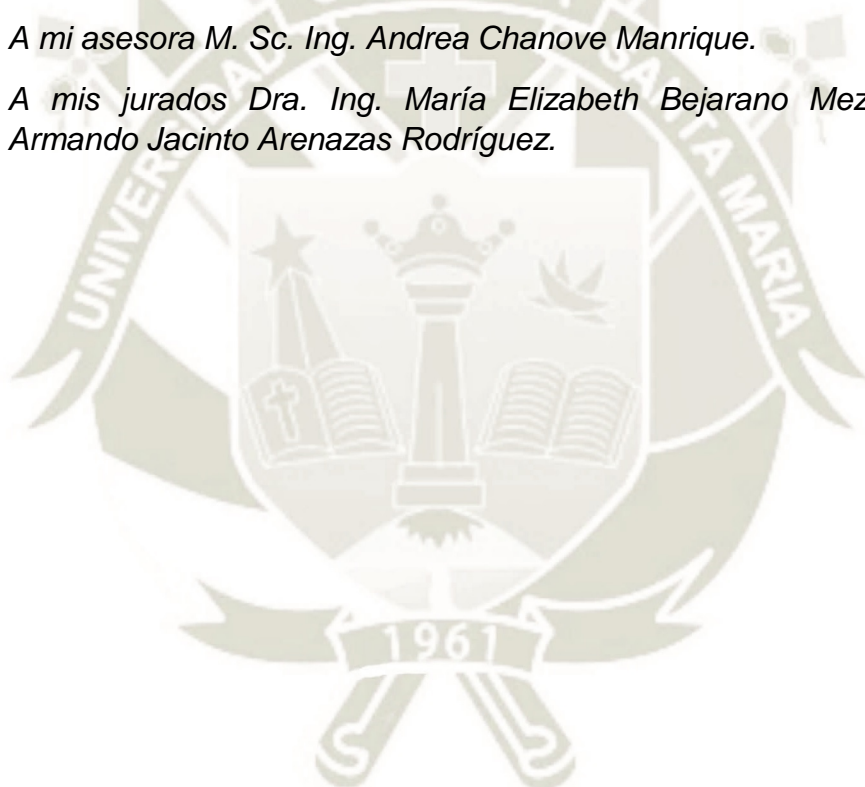
*A mi familia.*

## AGRADECIMIENTO

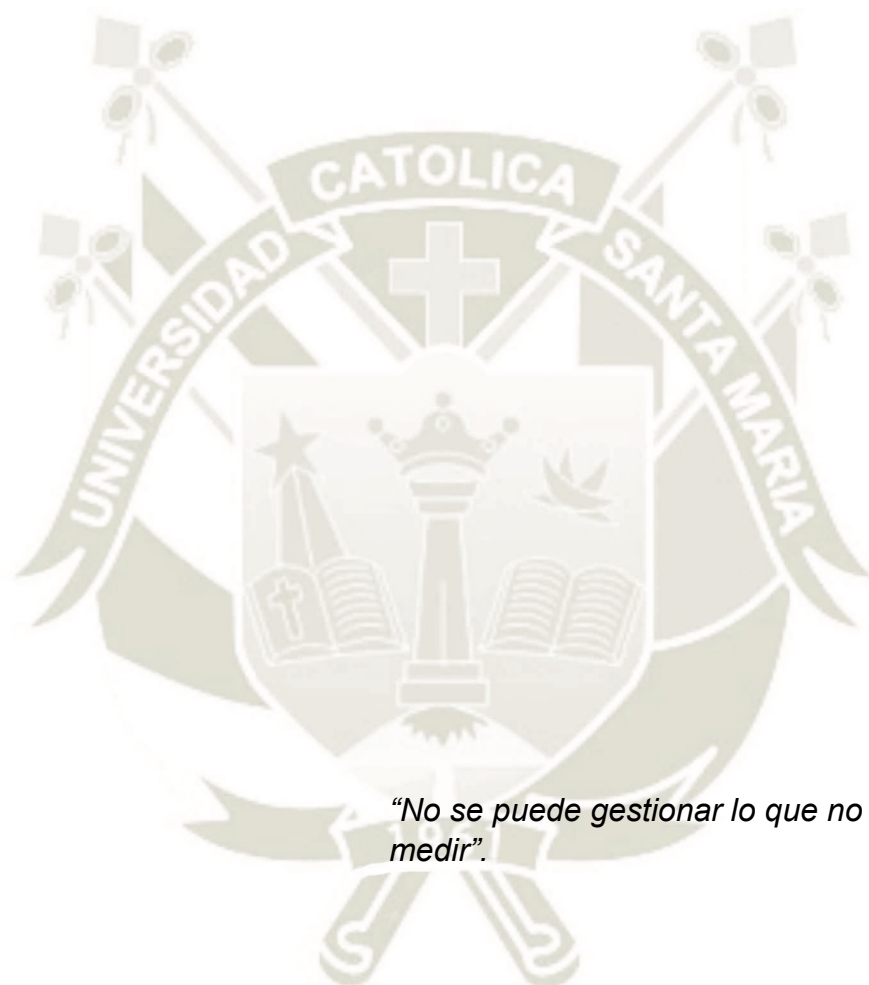
*Se agradece a la Universidad Católica de Santa María a través de su Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables y Medio Ambiente – INNOVERGY por el soporte brindado por el Responsable del Instituto: Dr. Hugo Jiménez Pacheco, y todo el equipo de investigación, en los aspectos técnicos y en gestión administrativa.*

*A mi asesora M. Sc. Ing. Andrea Chanove Manrique.*

*A mis jurados Dra. Ing. María Elizabeth Bejarano Meza y Dr. Blgo. Armando Jacinto Arenazas Rodríguez.*



## EPIGRAFE



*“No se puede gestionar lo que no se puede medir”.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	xvi
<b>ABSTRACT</b>	xviii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xix
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	1
<b>1.1. Diagnóstico situacional</b> .....	1
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	2
<b>1.3. Objetivos</b> .....	2
<b>1.3.1. General</b> .....	2
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	4
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b> .....	4
<b>2.2.1. Análisis del ciclo de vida</b> .....	11
<b>2.2.2. Estudio del inventario del ciclo de vida</b> .....	13
<b>2.2.3. Ecoperfil</b> .....	13
<b>2.2.4. Ciclo de vida del top de fibra de alpaca</b> .....	14
<b>2.2.5 Huella de carbono</b> .....	18
<b>2.2.6 Efecto Invernadero</b> .....	20
<b>2.2.8 Impacto ambiental</b> .....	23
<b>2.2.9. Potencial de calentamiento global (PCG)</b> .....	23
<b>2.2.10. Cambio climático</b> .....	24
<b>2.3. Marco normativo</b> .....	26
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b> .....	28
<b>3.1. Tipo de investigación:</b> .....	28
<b>3.5.1 Identificación de los límites, el contexto y alcances del estudio de determinación de la Huella de Carbono en la cadena de valor de la fibra de alpaca</b> .....	28
<b>Visitas técnicas</b> .....	29
<b>3.5.2 Realización del Inventario de emisiones de GEI</b> .....	30
<b>A) Inventario de emisiones GEI de la etapa Formación de la Fibra</b> .....	30
<b>B) Inventario GEI para la etapa Transporte</b> .....	32

3.3. Determinación del potencial de calentamiento global de las emisiones GEI por kg de top de fibra de alpaca .....	42
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
4.1. Identificación de los límites, el contexto y alcances del estudio de determinación de la Huella de Carbono en la cadena de valor de la fibra de alpaca.....	44
4.1.1. Límites del sistema del producto.....	44
4.1.2. Unidad funcional .....	45
4.1.3. Tipo de informe del estudio.....	46
4.1.4. Indicadores a ser analizados .....	46
4.1.5. Elección del estándar a seguir para la medición de la Huella de Carbono .....	46
4.1.6. Objetivos del estudio del ACV del top de fibra de alpaca .....	47
4.2. Realización del Inventario de emisiones de GEI .....	47
4.2.1. Etapa formación de la fibra .....	47
4.2.2. Etapa transporte.....	57
4.2.3. Etapa procesamiento de la fibra .....	58
4.3. Determinación del potencial de calentamiento global de las emisiones GEI por kg de top de fibra de alpaca .....	61
4.3.1. Fermentación entérica .....	61
4.3.2. Manejo de estiércol.....	62
4.3.3. Transporte.....	64
4.3.4. Consumo de energía eléctrica.....	64
4.3.5. Combustión de gas natural .....	64
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO 1: SOLICITUD DIRIGIDA A LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FIBRA DE ALPACA .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 2: EMISIONES POR USO DE SUELO.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 3: VALORES POR DEFECTO PARA COMBUSTIBLES Y GASES, NORMA EN 16258.....</b>	<b>86</b>

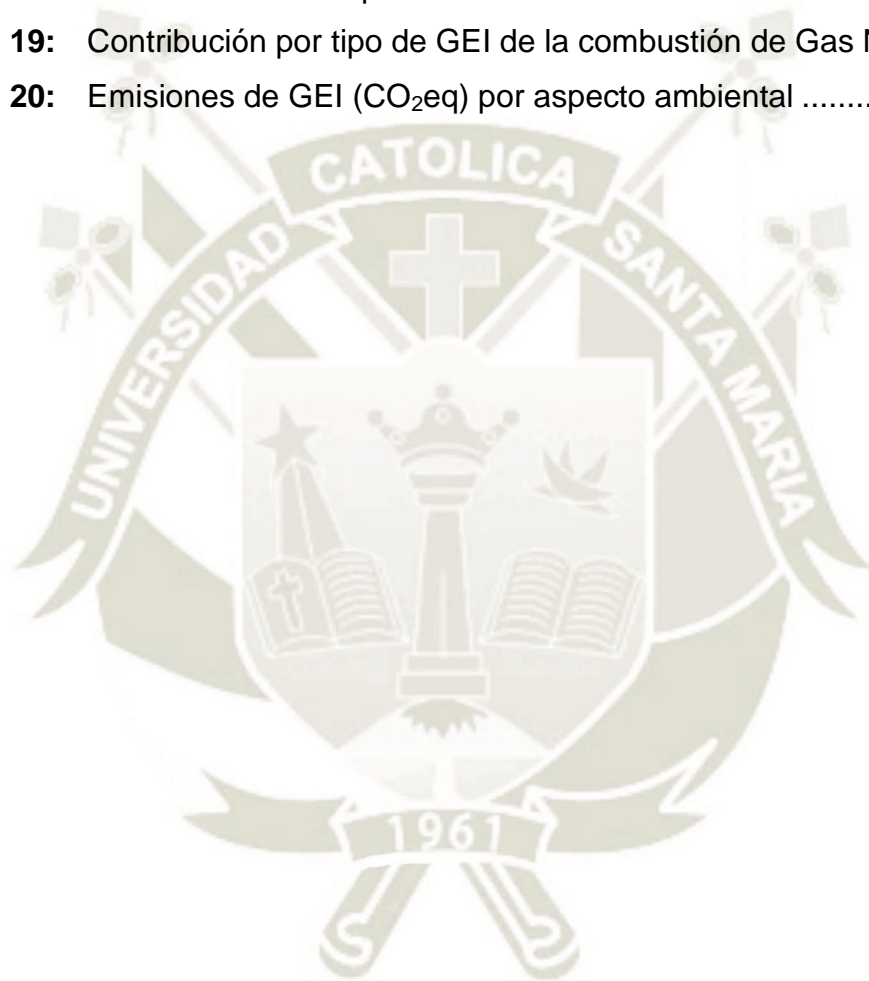
<b>ANEXO 4: FACTORES DE EMISIÓN POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA EL MÉTODO DE NIVEL 1 (kg CH<sub>4</sub>/ (CABEZA*AÑO))</b> .....	88
<b>ANEXO 5: FACTORES DE EMISIÓN DE METANO DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA OVINOS, CAPRINOS, CAMÉLIDOS, EQUINOS, MULAS Y ASNOS, Y AVES DE CORRAL (kg CH<sub>4</sub>/ (CABEZA*AÑO))</b> .....	90
<b>ANEXO 6: FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE LOS SUELOS GESTIONADOS</b> .....	92
<b>ANEXO 7: FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE LOS SUELOS GESTIONADOS</b> .	94
<b>ANEXO 8: INFORME DE LAS EMISIONES EN LA ETAPA TRANSPORTE</b> .....	96
<b>ANEXO 9: EMISIONES DE LA GENERACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD</b> .....	108
<b>ANEXO 10: FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA</b> .....	110
<b>ANEXO 11: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA</b> .....	114



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Valores de Potencial de Calentamiento Global de los GEI CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O.....	24
<b>Tabla 2:</b>	Diferenciación de regiones y países para el transporte por carretera	36
<b>Tabla 3:</b>	Parámetros asumidos para cada país/región .....	37
<b>Tabla 4:</b>	Objetivos del estudio .....	47
<b>Tabla 5:</b>	Emisiones GEI durante la etapa de formación de la fibra .....	48
<b>Tabla 6:</b>	Factores de Emisión por Fermentación Entérica para el Método de Nivel 1 (kg CH <sub>4</sub> /(cabeza*año)) .....	50
<b>Tabla 7:</b>	Factores de Emisión de Metano de la Gestión del Estiércol por Temperatura para Ovinos, Caprinos, Camélidos, Equinos, Mulas Y Asnos, y Aves de Corral (kg CH <sub>4</sub> /(cabeza*año)) .....	51
<b>Tabla 8:</b>	Cantidad anual de Nitrógeno de la orina y el estiércol depositada por 1 alpaca en 1 año.....	53
<b>Tabla 9:</b>	Factores de Emisión por Defecto para Estimar las Emisiones Directas de N <sub>2</sub> O de los suelos gestionados .....	53
<b>Tabla 10:</b>	Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O del suelo.....	54
<b>Tabla 11:</b>	Supuestos para cambios en el almacenamiento de carbono por uso del suelo para el nivel 1.....	56
<b>Tabla 12:</b>	Valores para el cálculo de la carga transportada .....	57
<b>Tabla 13:</b>	Emisiones (t CO <sub>2</sub> eq) del transporte de fibra, ruta Juliaca – Arequipa	57
<b>Tabla 14:</b>	Centrales hidroeléctricas de EGASA.....	59
<b>Tabla 15:</b>	Resultados globales de la revisión de la literatura de ACV para las emisiones de GEI de generación de energía hidroeléctrica (gCO <sub>2</sub> eq/kWh).....	60

<b>Tabla 16:</b>	Características del gas natural.....	61
<b>Tabla 17:</b>	Emisiones de los aspectos ambientales de la etapa “Formación de la Fibra”, CO <sub>2</sub> eq .....	63
<b>Tabla 18:</b>	Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias manufactureras y de la construcción (kg de gases de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta) .....	65
<b>Tabla 19:</b>	Contribución por tipo de GEI de la combustión de Gas Natural .....	66
<b>Tabla 20:</b>	Emisiones de GEI (CO <sub>2</sub> eq) por aspecto ambiental .....	67



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Ruta del transporte de la fibra cruda de Alpaca, Juliaca - Arequipa..	16
<b>Figura 2:</b>	Diagrama de flujo del del procesamiento de la fibra cruda en top.....	17
<b>Figura 3:</b>	Límites del sistema considerados para el inventario de emisiones GEI durante la etapa de transporte .....	33
<b>Figura 4:</b>	Coordenadas del centro de acopio en Juliaca.....	33
<b>Figura 5:</b>	Coordenadas de la fábrica de tops en Arequipa .....	34
<b>Figura 6:</b>	Ingreso del dato Masa Total de Carga Transportada .....	34
<b>Figura 7:</b>	Ingreso de los datos c, d, e, f y g.....	35
<b>Figura 8:</b>	Captura de pantalla del ingreso de datos a la herramienta web EcoTransit.....	38
<b>Figura 9:</b>	Diagrama de flujo de operaciones y entradas que generan emisiones GEI .....	39
<b>Figura 10:</b>	Esquema del sistema a ser evaluado para la elaboración del Ecoperfil del Top de Fibra de Alpaca en el sur del Perú .....	45
<b>Figura 11:</b>	Emisiones generadas en la etapa de formación de la fibra .....	48
<b>Figura 12:</b>	Emisiones GEI generadas durante la etapa de formación de la fibra	63
<b>Figura 13:</b>	Emisiones GEI (CO <sub>2</sub> eq) por aspecto ambiental .....	68
<b>Figura 14:</b>	Emisiones GEI (CO <sub>2</sub> eq) por etapa .....	69
<b>Figura 15:</b>	Porcentaje de contribución de Emisiones GEI (CO <sub>2</sub> eq) por etapa ....	70

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Factor de emisión de $\text{CH}_4$ de la gestión del estiércol .....	31
<b>Ecuación 2:</b> Factor de carga .....	34
<b>Ecuación 3:</b> Consumo energético del transporte .....	35
<b>Ecuación 4:</b> Emisiones totales del transporte .....	36
<b>Ecuación 5:</b> Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria.....	42
<b>Ecuación 6:</b> Conversión del factor de emisión de $\text{CH}_4$ , ovejas a alpacas .....	51
<b>Ecuación 7:</b> Emisiones directas de $\text{N}_2\text{O}$ de suelos gestionados .....	52
<b>Ecuación 8:</b> Emisiones indirectas de $\text{N}_2\text{O}$ de suelos gestionados .....	54
<b>Ecuación 9:</b> Conversión de emisiones totales a emisiones de $\text{N}_2\text{O}$ .....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Solicitud dirigida a la planta de procesamiento de fibra de alpaca ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 2:** Emisiones por uso de suelo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 3:** Valores por defecto para combustibles y gases, norma en 16258 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 4:** Factores de emisión por fermentación entérica para el método de nivel 1 (kg CH<sub>4</sub>/ (cabeza\*año)) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 5:** Factores de emisión de metano de la gestión del estiércol por temperatura para ovinos, caprinos, camélidos, equinos, mulas y asnos, y aves de corral (kg CH<sub>4</sub>/ (cabeza\*año)) **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 6:** Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 7:** Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 8:** Informe de las emisiones en la etapa transporte **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 9:** Emisiones de la generación de tecnologías de generación de electricidad ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 10:** Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 11:** Información meteorológica ..... **¡Error! Marcador no definido.**



## LISTA DE ABREVIATURAS

- ACV: Análisis del ciclo de vida
- AR5: Quinto Reporte de Evaluación del IPCC (siglas en inglés)
- CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
- CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- EICV: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida
- ETW: EcoTransIT World®
- GEI: Gases de efecto invernadero
- H<sub>2</sub>O: agua
- HFC: hidrofluorocarbonos
- ICV: Inventario del Ciclo de Vida
- IIA: Índice de Impacto Ambiental
- ILCD: Sistema de Datos Internacional del Ciclo de Vida
- INGEI: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
- IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Siglas en inglés)
- ISE: Índice de Sostenibilidad Ecológica
- ISO: International Standard Organization
- m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar
- m<sup>3</sup>/s: metros cúbicos por segundo
- MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego
- MINAM: Ministerio del Ambiente
- MJ: megajulio
- MW: megavatio
- NTP: Norma Técnica Peruana
- PCG: Potencial de Calentamiento Global
- PFC: perfluorocarbonos
- PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

- SF<sub>6</sub>: hexafluoruro de azufre
- Sm<sup>3</sup>: metro cúbico estándar
- TJ: terajulio
- TTW: enfoque del Tanque a las Llantas
- WBCSD: Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible
- WRI: Instituto de Recursos Mundiales
- WTW: enfoque del Pozo a las Llantas





## RESUMEN

La fibra de alpaca es un recurso natural de gran importancia en el Perú por su valor comercial. Se ha estudiado esta fibra por décadas, pero no hay estudios del impacto de su producción en el medio ambiente. En la actualidad el calentamiento global genera preocupación mundial y se busca medir las emisiones de GEI de los procesos de producción con el fin de gestionarlas. En el presente estudio se mide la Huella de Carbono de la producción top de fibra de alpaca bajo la metodología del Análisis de Ciclo de Vida, proceso de evaluación cuyos requisitos y directrices se encuentran especificados en la Norma Técnica Peruana ISO 14044 2013.

Se determinó como unidad funcional 1 kg de top de fibra de alpaca de la región Puno procesada en la región de Arequipa. El ciclo de vida del producto analizado comprendió 3 etapas: Formación de la Fibra, Transporte y Procesamiento de la fibra. Para la elaboración de los inventarios de GEI se siguió el estándar “Estándar de Cuantificación y Reporte del Ciclo de Vida del Producto, Protocolo de Gases de Efecto Invernadero”. Se utilizó data primaria puesta a disposición por el fabricante y personas asociadas al campo y el servicio de transporte. Se aplicaron los factores de emisión del IPCC para los datos de actividad de las etapas “Formación de la Fibra” y “Procesamiento de la fibra” mientras que para la etapa “Transporte” la herramienta web Ecotransit® calculó las emisiones de manera directa.

Los datos inventariados fueron convertidos a g de CO<sub>2</sub>eq de acuerdo a los valores asignados por el IPCC para calcular el potencial de calentamiento global en un periodo de 100 años. Los resultados obtenidos indicaron que la etapa que más gases GEI emite es la etapa de “Formación de la Fibra” con 95,62 kg CO<sub>2</sub>eq seguida de “Procesamiento de la fibra” (0,92 kg CO<sub>2</sub>eq) y “Transporte” (0,034 kg CO<sub>2</sub>eq). Esto debido a la emisión entérica de gas CH<sub>4</sub> generada por las alpacas durante la “Formación de la Fibra”.

**Palabras clave:** Análisis del Ciclo de Vida, Huella de Carbono, Ecoperfil, Top de fibra de alpaca, impacto ambiental



## ABSTRACT

Alpaca fiber is a natural resource of great importance in Peru due to its commercial value. This fiber has been studied for decades but there are no studies of the impact of its production on the environment. Nowadays, global warming generates global concern and the aim is to measure GHG emissions from production processes in order to manage them. This study measures the carbon footprint of the production of alpaca tops under the approach of Life Cycle Assessment, an evaluation process whose requirements and guidelines are specified in the Peruvian Technical Standard ISO 14044 2013.

The functional unit was established as 1 kg of alpaca fiber top from the Puno region processed in the Arequipa region. The life cycle of the analyzed product consisted of 3 stages: Fiber Formation, Transport and Fiber Processing. For the elaboration of the GHG inventories, the "Greenhouse gas protocol Product Cycle Accounting and Reporting Standard" was applied. Primary data made available by the manufacturer and people associated with the land and transportation service were used. The IPCC emission factors were applied for the activity data of the stages "Fiber Formation" and "Fiber Processing" while for the stage "Transport" the web tool Ecotransit® calculated the emissions directly.

The inventoried data were converted to g of CO<sub>2</sub>eq according to the values assigned by the IPCC to calculate the global warming potential over a period of 100 years. The results obtained indicated that the stage that emits more GHG gases is the stage of "Fiber Formation" with 95,62 kg CO<sub>2</sub>eq followed by "Fiber Processing" (0,92 kg CO<sub>2</sub>eq) and "Transport" (0,034 kg CO<sub>2</sub>eq). This is due to the enteric emission of CH<sub>4</sub> gas generated by alpacas during the "Fiber Formation".

**Key words:** Life Cycle Analysis, Carbon footprint, Ecoprofile, Alpaca fiber top, environmental impact.

## INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, generado por el incremento de la concentración de GEI (Gases de efecto invernadero) en la atmósfera, es una amenaza para la supervivencia de las especies en la Tierra. Por esta razón, es en la actualidad, un tema de preocupación global respecto al cual todo tipo de organizaciones están tomando medidas.

No es de extrañar que evaluar productos respecto a sus contribuciones al cambio climático sea cada vez más popular (Peters et al., 2010) La medición de la Huella de Carbono es el método central para hacer esto, y considera la importancia relativa de diferentes gases GEI (Palamutcu, 2015). La huella de carbono refleja los GEI generados a lo largo del ciclo de vida de una actividad o producto y es, por lo tanto, una herramienta importante para evaluar y gestionar las emisiones GEI (Wang et al., 2015). Una característica clave de la medición de la Huella de Carbono es que toma una perspectiva que abarca todo el ciclo de vida del producto o servicio.

La fibra de alpaca es un recurso natural del que el sur del Perú es el principal proveedor mundial. Esta se exporta principalmente como tops de fibra de alpaca, un producto cuya Huella de Carbono es desconocida. El conocer la Huella de Carbono del top de fibra de alpaca permitirá tener una línea base de las emisiones de cada etapa del ciclo de vida del producto. Esto servirá de base para realizar análisis comparativos con productos similares y/o con diferentes procesos de producción que tienen el mismo fin. La cuantificación de las emisiones GEI permitirá así mismo la gestión de las mismas.

El cálculo de la Huella de Carbono es un elemento esencial de información y transparencia que ayuda a gestionar las emisiones, con miras a su reducción y mitigación, de una manera global e integrada, puesto que abarca las emisiones asociadas a la cadena de valor completa de la actividad, permitiendo incorporar la “componente carbono” a la toma de decisiones (ENDESA, 2017).

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Diagnóstico situacional

La fibra de alpaca es un recurso natural emblemático del Perú. El Perú es el principal proveedor de fibra de Alpaca en el mundo (MINAGRI, 2017). Se estima que en el Perú la actividad de crianza de alpacas en el sector rural alto andino representa un medio de vida para más de 120,000 familias (Perú Reta, 2018). La mayor parte de lo producido es exportada a mercados internacionales principalmente en la forma de tops de alpaca. La Sociedad Nacional de Industrias registró que en el año 2018 las exportaciones de tops sumaron US\$ 132'976,823, correspondiéndole a la región de Arequipa el 99% de participación. El sector textil es considerado como una carga importante para el medio ambiente debido al uso de agua y energía, consumo de recursos y generación de residuos (Slater, 2003). Existe una creciente necesidad de disminuir los impactos ambientales asociados a la producción de prendas de vestir. Las empresas textiles cada vez se centran más en la producción de productos sostenibles (Moreira, 2013). Esto no solo debido a iniciativas empresariales de responsabilidad ambiental sino también por legislaciones ambientales y las exigencias de los consumidores. Los consumidores tienden, hoy en día más que nunca en la historia registrada, a ponderar el impacto ambiental de la producción de los productos que consumen y se estima que tanto el número de consumidores comprometidos con el desarrollo sostenible así como el nivel de preocupación por la sostenibilidad de los productos que consumen incrementarán en los próximos años (Fisher, 2018). Siendo el calentamiento global una preocupación mundial, la medición de la huella de carbono de los procesos se ha convertido en una práctica de gestión ambiental dentro de las empresas. En la actualidad no hay antecedentes investigativos sobre la huella de carbono de la cadena de valor de la fibra de alpaca lo cual impide la aplicación de medidas efectivas de disminución y mitigación de los posibles impactos. Este vacío podría ser así mismo, una causa de menor competitividad de los tops de alpaca como producto de exportación.

Surge la necesidad de cuantificar las emisiones de GEI generadas durante las etapas del ciclo del top de fibra de alpaca para tener una línea base en la gestión ambiental de las emisiones del producto y tener disponible la cuantificación inicial de GEI, necesaria para la medición de la huella de carbono de cualquier producto posterior en la cadena de valor.

## **1.2. Formulación del problema**

En la actualidad no hay antecedentes investigativos sobre la huella ecológica trazable de la producción de tops de alpaca lo cual impide la aplicación de medidas efectivas de disminución y mitigación de los posibles impactos. Este vacío podría ser así mismo, una causa de menor competitividad de la fibra de alpaca como producto de exportación. Surge la necesidad de cuantificar los indicadores de los aspectos ambientales enmarcados en los procesos y operaciones de la producción del top de fibra de alpaca para aplicar medidas de gestión ambiental en la cadena de valor de este producto. Es necesario elaborar un ecoperfil del top de fibra de alpaca para determinar la huella de carbono del top de fibra de alpaca.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. General**

Elaborar el Ecoperfil del top de fibra de alpaca en la Región de Arequipa realizando la medición de la huella de carbono en base a un Estudio del Inventario del Ciclo de Vida del Producto.

### **1.3.2. Específicos**

- Determinar los límites, el contexto y alcances del estudio de determinación de la huella de carbono en la cadena de valor de la fibra de alpaca
- Realizar un inventario de las emisiones GEI de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O durante el ciclo de vida del top de fibra de alpaca
- Determinar el potencial de calentamiento global por kg de top de fibra de alpaca en cada etapa del ciclo de vida del top de fibra de alpaca



## CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

En el estudio “Potencial de mejora ambiental de los textiles” de la Comisión Europea se presenta una comparación entre sistemas de producción que utilizan diferentes tipos de fibras (como la viscosa, el lino, la seda, la lana, el algodón, el poliéster, el Poliamida 6, el acrílico y el polipropileno). La unidad funcional utilizada fue 1 kg de tejido acabado. Se concluye que la producción de materias primas (que comprende la producción de fibra cruda y sus primeros tratamientos como el algodón desmotado o la lana para fregar) es el principal factor que contribuye a los resultados globales en cada categoría de impacto ambiental evaluada (cambio climático, toxicidad humana, ecotoxicidad del agua dulce, diversidad de ecosistemas y disponibilidad de recursos). El segundo contribuyente principal son los procesos de acabado (Beton, y otros, 2006).

El trabajo de investigación “Cuantificación del impacto ambiental y sostenibilidad ecológica para fibras textiles” consistió en seleccionar fibras textiles y los principales factores que contribuyen al impacto medioambiental durante la fabricación (desde la fase de crecimiento/extracción hasta la producción de una fibra útil que puede ser hilada). Se consideraron los factores: Oxígeno producido/dióxido de carbono absorbido, como contribución a la compensación del calentamiento global durante la fase de producción de una fibra, utilización de recursos renovables, uso de la tierra, uso de fertilizantes y pesticidas, la reciclabilidad de las fibras y la biodegradabilidad de las fibras. Para el inventario del ciclo de vida (ICV) y la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) se ha tenido en cuenta la energía consumida, cantidad de agua utilizada y cantidad de gases de efecto invernadero emitidos. Se realizó un estudio para derivar ciertas categorías de impacto relativas a los daños causados a la salud humana, la calidad de los ecosistemas y los recursos, lo que dilucidará las características de la sostenibilidad en los ecosistemas. Se desarrolló un sistema de puntuación basado en los factores antes mencionados que determinan predominantemente la



sostenibilidad ecológica, a partir de la cual se ha elaborado un Índice de Impacto Ambiental (IIA). Además, se ha elaborado un Índice de Sostenibilidad Ecológica (ISE) a partir de los valores de la EI para las fibras elegidas (Muthu, Li, Hu, & Mok, 2012).

La tesis de maestría “Evaluación del Ciclo de Vida de Dos Productos Textiles” evaluó las etapas del ciclo de vida asociadas al procesamiento de lana y algodón a partir de datos reales obtenidos de la actividad de algunos de los proveedores de la compañía (por ejemplo, HUGO BOSS) en 2011. Comprendió la producción de fibra cruda (cría de ovejas y cultivo de algodón), hilado, teñido, teñido, blanqueo y lavado de lana. El análisis se realizó con el software SimaPro utilizando el método de evaluación de impacto ILCD y los resultados se presentan para el paso de caracterización. El método permitió cuantificar los posibles impactos ambientales en el punto medio y las categorías de impacto seleccionadas fueron: cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, toxicidad humana, efectos cancerígenos, toxicidad humana, efectos no cancerígenos, eutrofización (agua dulce y marina), ecotoxicidad del agua dulce y agotamiento de los recursos hídricos. Los inventarios se construyeron utilizando datos primarios puestos a disposición por los proveedores y los datos secundarios se estimaron con base en modelos existentes (principalmente para modelar las emisiones de la agricultura) o tomados de las bases de datos de ecoinvent. Los resultados se analizan etapa por etapa del ciclo de vida para cada material. Se crearon escenarios para evaluar las múltiples combinaciones posibles para la producción de hilos de algodón y lana a partir de los distintos procesos que intervienen en cada proveedor. Se construyen los escenarios del peor y del mejor de los casos para que ambos materiales puedan ser comparados en términos de impacto. Los resultados muestran que, en general, las emisiones de campo en la producción de fibra cruda (más concretamente las emisiones de ganado ovino y las pérdidas de fertilizantes al medio ambiente en el cultivo del algodón) contribuyen en gran medida a las categorías generales de impacto ambiental estudiadas. La producción de fertilizantes es otra actividad que muestra una presión relevante en el medio ambiente (Moreira Cardoso, 2013).

El estudio “Huella de carbono de los textiles a lo largo de su ciclo de vida: un estudio de caso de las camisas de algodón chinas” se realizó considerando que China es el mayor productor y consumidor de textiles y prendas de vestir del mundo. Para establecer el sistema de etiquetado del carbono de los productos en China, se elaboró un método y un marco de evaluación de la huella de carbono operativo y comparable a nivel de producto y se presentó un caso completo de camisas de algodón puro fabricadas en China. Sobre la base de las investigaciones de varias empresas textiles chinas y la observación de cada subproceso de producción, se establecieron los límites del sistema y los métodos de evaluación de la huella de carbono de productos textiles. Luego, se estimó los factores de conversión de la huella de carbono en China para las fuentes de energía y los materiales pertinentes, y se calculó la huella de carbono real para el ciclo de vida de una camisa de algodón puro. La huella de carbono promedio de una camisa de algodón puro producida en China, a lo largo de su ciclo de vida, se estima en 8,771 kgCO<sub>2</sub>eq. De esta cantidad, la huella de carbono directa es de 0,347 kg de CO<sub>2</sub>eq, mientras que la huella de carbono indirecta es mucho mayor, con 8,423 kg de CO<sub>2</sub>eq. La fase de producción industrial es la que representa la mayor proporción de la huella de carbono, y la producción total (incluida la producción agrícola e industrial) representa más del 90% del total de la huella de carbono. Aproximadamente el 96% de la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de los productos es huella de carbono indirecta, que está integrada en el uso de la energía y los materiales en cada proceso. En la fase de producción industrial, los subprocesos de transporte y tejido representan casi toda la huella de carbono directa (0,347 kgCO<sub>2</sub>eq). El consumo de energía, especialmente de electricidad, es el principal contribuyente a la huella de carbono de los productos textiles. Estos resultados podrían facilitar la comparación entre diferentes productos, y para los mismos productos de diferentes productores, con el fin de reducir el Potencial de Calentamiento Global en todo el sector textil (Wang et al., 2015).

En “Evaluación del impacto ambiental de la fabricación de fibra acrílica, de la cuna a la puerta” el objetivo de estudio fue analizar los impactos de la fabricación de fibra acrílica en el medio ambiente y obtener información para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a mejorar las medidas de protección

ambiental pertinentes. Las preguntas clave de la investigación fueron las siguientes: ¿Cuáles son los diferentes impactos de la fabricación de fibra acrílica en el medio ambiente y qué material base tiene el mayor impacto? El análisis del ciclo de vida (ACV) comenzó con la obtención de la materia prima hasta el final del proceso de producción (enfoque de la cuna a la puerta). Se hizo hincapié en el consumo de agua, la utilización de energía en la producción de fibra acrílica y la generación de residuos de la industria. Los datos de entrada y salida para el inventario del ciclo de vida se recogieron en una planta de fabricación de fibra acrílica en Egipto. El software SimaPro fue usado para calcular el inventario de doce categorías de impacto que fueron tomadas en consideración, incluyendo el potencial de calentamiento global (PCG), potencial de acidificación (PA), potencial de eutrofización (PE), potencial carcinógeno (PC), potencial de ecotoxicidad (PET), potencial de formación inorgánica respiratoria (PFRI), potencial de formación orgánica respiratoria (PFOR), potencial de radiación (PR), agotamiento de la capa de ozono (ACO), agotamiento mineral (AM), uso de la tierra (UT) y agotamiento de combustibles fósiles (ACF). Resultados del ACV de la fabricación de fibra acrílica sobre el medio ambiente mostraron que el 82,0 % de los impactos corresponden al agotamiento de los combustibles fósiles debido a la alta demanda de energía para la producción de acrilonitrilo, el 15,9% del impacto es sobre la salud humana, y un 2,1% sobre la calidad de los ecosistemas. No se detectaron impactos por el potencial de radiación, el agotamiento de la capa de ozono, uso de la tierra, agotamiento de minerales o sistema respiratorio humano debido a las sustancias orgánicas. Con base en los resultados de estos estudios, se concluyó que la fabricación de fibra acrílica es una industria de alto consumo de energía con el mayor impacto en el agotamiento de los combustibles fósiles y la salud humana. Este estudio se basa en la modelización de los efectos ambientales de la producción de 1 kg de fibra acrílica y puede servir para estimar los impactos de manufacturas similares y, en consecuencia, utilizar estos resultados como un indicador para una mejor toma de decisiones (Yacout, Abd El-Kawi, & Hassouna, 2016).

Considerando que las empresas están cada vez más interesadas en la mejora de la sostenibilidad de los productos, servicios y procesos se llevó a cabo el estudio “Desempeño de sostenibilidad de un producto textil italiano”. El Análisis del Ciclo

de Vida (ACV), el Costeo del Ciclo de Vida (CCV) y el Análisis del Ciclo de Vida Social (S-ACV) son consideradas, las metodologías más relevantes para apoyar las actividades de toma de decisiones relacionadas con el producto para la extracción y el procesamiento de materias primas, la fabricación, la distribución, el uso, la reutilización, el mantenimiento, el reciclaje y la disposición final. Se presenta la aplicación de LCA y S-LCA a un producto textil. El LCA y el S-LCA se implementaron siguiendo la norma ISO 14040-44:2006 y las directrices de UNEP/SETAC (2009), respectivamente. La unidad funcional del estudio fue una capa tejida en una cuidada mezcla de lana y cachemira producida por una empresa textil situada en Sicilia (Italia). El límite del sistema del estudio incluye todas las fases desde la fase de la cuna a la puerta, desde la producción de materias primas, pasando por la producción de tejidos y accesorios, hasta el proceso de fabricación del producto en sí en la empresa siciliana. Los procesos en segundo plano y en primer plano se tienen en cuenta utilizando datos primarios y secundarios. El análisis evalúa el desempeño ambiental y social relacionado con el producto textil específico, pero también describe el comportamiento general de la empresa. El estudio de caso también destaca los pros y contras de una combinación de ACV y S-ACV para un producto textil en un contexto regional (Lenzo, Traverso, Mondello, Salomone, & Ioppolo, 2018).

Sobre la base de una revisión de la literatura sobre la producción de seda, el estudio "Análisis del ciclo de vida de la seda hindú" construyó un primer inventario del ciclo de vida de la producción de seda de alta calidad en condiciones tropicales en el sur de la India. Los valores se calcularon para los siguientes indicadores de impacto ambiental: potencial de calentamiento global, ecotoxicidad, eutrofización de agua dulce, ocupación de tierras, demanda acumulativa de energía y huella hídrica azul. El sistema se definió como 1 kg de seda cruda, en la puerta de la fábrica. El análisis comparó las recomendaciones de mejores prácticas con las prácticas agrícolas observadas. En caso pertinente, se indicó vacíos en los datos. Los resultados indicaron que la producción de seda siguiendo las prácticas recomendadas es intensiva en inputs y que como materia prima, los impactos ambientales son superiores a los comunicados para otras fibras naturales. La mayoría de los impactos ambientales se derivan de la producción de capullos, en particular de la fertilización. Las prácticas agrícolas

difieren de las recomendaciones y el impacto observado por unidad funcional es mayor. Las múltiples etapas necesarias para la fabricación de la seda cruda dan como resultado una gran cantidad de coproductos. Aumentar la eficiencia de la utilización de estos podría reducir el alto impacto observado en este estudio (Astudillo, Thalwitz, & Vollrath, 2014).

En el estudio “Perfil de emisiones de gases de efecto invernadero para 1 kg de lana producida en la región del Yass, Nueva Gales del Sur: Un enfoque de Análisis de Ciclo de Vida” se llevó a cabo un ACV de 1 tema, enfocado en las emisiones de gases de efecto invernadero para determinar el perfil de emisiones y la huella de carbono de lana de 19 micrones producida en la región del Yass en la Meseta Sur de Nueva Zelanda, Sur de Gales. Se incluyeron las emisiones de gases de efecto invernadero (en equivalentes de dióxido de carbono; CO<sub>2</sub>eq) procedentes de la producción de todos los insumos de la empresa y de la producción de lana en la explotación. Las emisiones totales fueron de 24,9 kg CO<sub>2</sub>eq por kg de lana grasa en la granja, basándose en una empresa de ganadería de 4941 ovejas en 1000 ha, con un rendimiento total de lana grasa de 65,32 t por año. Se determinó la contribución relativa de las emisiones de gases de efecto invernadero de los diferentes componentes del sistema de producción. La emisión directa de metano en la granja (86% del total) fue la emisión dominante, seguida del óxido nitroso emitido por los residuos animales directamente (5%) e indirectamente (5%), y la descomposición de los residuos de los pastos (1%). Sólo el 2% de las emisiones totales se adjudicaron a los insumos agrícolas, incluidos los fertilizantes. El perfil de emisiones varió según el método de cálculo y las suposiciones. La producción de metano entérico se calculó utilizando cinco métodos reconocidos y se encontró que los resultados variaban en un 27%. Este estudio también mostró que las emisiones calculadas para la producción de lana cambiaron sustancialmente, bajo un método de asignación económica para las emisiones, al cambiar el énfasis de empresa la producción de lana a la producción de carne (disminución del 41%) y cambiando el precio de la lana (variabilidad del 29%), el diámetro de la fibra (variabilidad del 23%) y el peso del vellón (variabilidad del 11%). Este documento proporciona datos específicos para la región del Yass y aborda cuestiones metodológicas más amplias, para

garantizar que los futuros cálculos de las emisiones del ganado tengan una base sólida (Brock, Graham, Madden, & Alcock, 2013).

La conferencia “Simposio de Bioingeniería e Informática Textil” abordó el tema de emisiones de GEI en el proceso de producción textil, investigando la teoría y los métodos de evaluación de GEI y el proceso de producción de las empresas textiles típicas, discutiendo la implicación de la huella de carbono industrial en la industria textil desde el punto de vista del enfoque del ciclo de vida, y analizando la constitución y estructura de la huella de carbono industrial. Se dividió la huella de carbono industrial de los textiles en dos partes: las emisiones directas causadas por la combustión de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas, etc., y las emisiones indirectas causadas por el consumo de energía secundaria. Se propuso los límites del sistema, la composición y los métodos de evaluación de la huella de carbono industrial en la industria textil. Finalmente, se discutió el mecanismo de aplicación y desarrollo de la huella de carbono industrial en la industria textil. La expectativa es que la implicación, composición y métodos de evaluación de la huella de carbono industrial en la industria textil puedan ayudar a mejorar la eficiencia de carbono de la producción textil y a estimular el consumo de textiles con bajas emisiones de carbono (Dai, Fang-Zhou; Wang, Li-Hua; Liu, Xin-Lei; Du, Chong; Jia, Jia; Yan, 2011).

En “Huella de carbono y huella hídrica azul de la producción de ovejas de California” se llevó a cabo un análisis del ciclo de vida (ACV) de acuerdo con las normas internacionales (ISO 14040/44), analizando los impactos de casos de estudio representando cinco sistemas diferentes de producción de carne de oveja en California, y centrándose en la huella de carbono (dióxido de carbono equivalentes, CO<sub>2</sub>eq) y el uso de agua de riego (tonelada métrica, MT). Este estudio es el primero en examinar específicamente la huella de carbono de la industria ovina de California y considerar tanto la producción de lana como la producción de carne a través de los diversos sistemas de producción ovina dentro de California. Este estudio también examinó explícitamente la huella de carbono del pelo de oveja en comparación con la producción de lana de oveja. Los datos se obtuvieron a partir de entrevistas con productores y valores de la literatura, y se utilizaron factores de emisión específicos de California siempre que fue

posible. Los resultados de los rebaños estudiados incluyeron carne de oveja de mercado, reproductores, oveja de dos años de edad, carne adulta de desecho y lana.

Se examinaron cuatro diferentes modelos de predicción de metano, incluyendo las ecuaciones actuales de nivel 1 y 2 del IPCC. La asignación de masa, económica y proteica se utilizó para examinar el impacto del método de asignación sobre la huella de carbono y el uso del agua. La huella de carbono de la producción de cordero en el mercado osciló entre 13,9 y 30,6 kg CO<sub>2</sub>eq/kg de producción de cordero en el mercado en masa, 10,4 a 18,1 kg CO<sub>2</sub>eq/kg de producción de cordero en el mercado en una base económica, y 6,6 a 10,1 kg CO<sub>2</sub>eq/kg de producción de oveja en el mercado en una base de proteína en masa. La producción de metano entérico (CH<sub>4</sub>) fue la mayor fuente de emisiones de todo el caso de estudio, con un promedio del 72% de las emisiones totales. Las emisiones procedentes de la producción de alimento promediaron un 22% en total, principalmente de las emisiones de estiércol. Los resultados generales coincidieron con los de los sistemas ovinos enfocados en la carne en el Reino Unido, así como con los de la carne de vacuno criada en condiciones similares en California (Dougherty et al., 2019).

## **.2.2 Marco teórico**

### **2.2.1. Análisis del ciclo de vida**

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un método estructurado, detallado y estandarizado internacionalmente. Cuantifica todas las emisiones y recursos relevantes consumidos y los impactos ambientales relacionados, así como los problemas de agotamiento de recursos que se asocian con cualquier bien o servicio, "productos" (ILCD Handbook, 2010). La evaluación del ciclo de vida considera el ciclo de vida completo de un producto: desde la extracción de recursos hasta su disposición final. El método de ACV gira en torno a la adquisición y evaluación de datos cuantitativos sobre las diversas entradas y salidas de materiales, flujos de energía y corrientes residuales relevantes para analizar los diversos impactos ambientales (Muthu, 2014). Un ACV ofrece la ventaja de observar las contribuciones hechas por cada etapa en el ciclo de vida

de un producto. Esta información permite identificar las actividades con mayor impacto en el medio ambiente sirviendo como guía para dirigir los esfuerzos hacia la reducción de los impactos. Las normas ISO 14040 y 14044 proporcionan el marco general para la evaluación del ciclo de vida (LCA). La legislación peruana contempla una norma técnica correspondiente, la NTP-ISO 14044 2013 Gestión Ambiental, Análisis de Ciclo de Vida, Requisitos y Directrices (INDECOPI, 2013).

### 2.2.1.1. Fases del ACV

El ACV tiene 4 fases (INDECOPI, 2013):

#### A) Definición del Objetivo y Alcance

Establece el contexto del estudio y los propósitos de sus resultados. Los aspectos técnicos y el nivel de detalle considerado son definidos en esta etapa. En esta etapa se debe especificar:

- El sistema del producto bajo estudio;
- Las funciones del sistema o del producto;
- La unidad funcional;
- Los límites del sistema a ser analizado;
- Los procedimientos de asignación;
- La metodología del Estudio del Inventario del Ciclo de Vida ;
- La interpretación a utilizar;
- Requisitos relativos a los datos;
- Las suposiciones;
- Los juicios de valor y los elementos opcionales;
- Las limitaciones;
- Los requisitos de calidad de los datos;
- El tipo de revisión crítica, si la hay;
- El tipo y formato del informe requerido para el estudio.

El alcance de un ACV, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle, depende del tema y del uso previsto del estudio. La profundidad y amplitud del ACV puede diferir considerablemente dependiendo del objetivo de un ACV en particular.



### **1) Análisis del inventario**

La fase de análisis del inventario del ciclo de vida (fase ICV) es la segunda fase del ACV. Es un inventario de los datos de entrada/salida en relación con el sistema bajo estudio. Implica la recopilación de los datos necesarios para cumplir con los objetivos del estudio definido. Idealmente se debería modelar el sistema del producto de tal forma que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales y flujos de producto. Los criterios de corte para la inclusión inicial de entradas y salidas y las suposiciones sobre las cuales se establecen los criterios de corte se deben definir con claridad.

### **2) Evaluación del impacto ambiental**

La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) es la tercera fase del ACV. El objetivo de la EICV es proporcionar información adicional para ayudar a evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) de un sistema del producto a fin de comprender mejor su importancia ambiental. Se debe considerar si los datos y resultados del ICV son suficientes para realizar una EICV de acuerdo con la definición del objetivo y alcance del estudio.

### **3) Interpretación**

La interpretación del ciclo de vida es la fase final del ACV, en la cual se resumen y discuten los resultados del ICV o de la EICV o de ambos como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcances definidos.

#### **2.2.2. Estudio del inventario del ciclo de vida**

Hay casos en los cuales el objetivo de un ACV se puede satisfacer desarrollando únicamente un análisis de inventario y una interpretación. Se hace referencia a esto como un estudio del Inventario del Ciclo de Vida, Estudio ICV.

#### **2.2.3. Ecoperfil**

Documento que contiene los resultados de un Estudio del Inventario del Ciclo de Vida de un Producto el cual consiste en información del sistema de producción

desde la materia prima hasta el producto final que será utilizado a su vez como insumo de otro producto siguiendo un enfoque de la cuna a la puerta de la fábrica (Vink, Rábago, Glassner, & Gruber, 2003). Provee de información ambiental inventariada sistemática y fiable para la toma de decisiones en función a las actividades realizadas para la elaboración de la unidad funcional.

#### **2.2.4. Ciclo de vida del top de fibra de alpaca**

Se denomina top de alpaca a la fibra procesada lista para ser hilada. Para los fines de la presente investigación se ha dividido el ciclo de este producto en tres etapas:

##### **1) Formación de la fibra**

###### **1.1 Alpaca**

La alpaca (*Vicugna Pacos*) es un camélido sudamericano domesticado por el hombre y criado para el aprovechamiento de su fibra en la industria textil. Existen 2 razas de alpaca: Suri y Huacaya. La raza Huacaya representa el 80 % del total de alpacas. 12 % son de la raza Suri y 8 % de razas híbridas. La preñez de las alpacas dura 11 meses y nace una única cría. Tiene un peso promedio y altura en la cruz promedio de 65 kg y 90 cm, respectivamente. Se alimentan de pastos naturales. (Lupton, McColl, & Stobartc, 2006). De los ejemplares en el mundo, la mayoría están localizados en Perú, con la mayoría del resto en Chile y Bolivia. Según el IV Censo Nacional Agropecuario (Cenagro), la población de alpacas alcanzó un total de 3 millones 685 mil 516 ejemplares involucrando a 82459 productores agropecuarios. Las principales regiones que concentran la producción de alpaca son: Puno (39,6 %), Cusco (14,7 %), Arequipa (12,7 %), Huancavelica (8,3 %), Apurímac (5,9 %), Ayacucho (2,8 %) y Pasco (1,8 %). El inicio de la cadena de valor de la fibra empieza con la formación de la fibra en el cuerpo de las alpacas hasta la esquila.

###### **1.2 Puna**

El hábitat de las alpacas es la Puna, sección de los Andes (6° S-23° S) por encima de los 3500 m.s.n.m. La mayor parte de la Puna está cubierta por

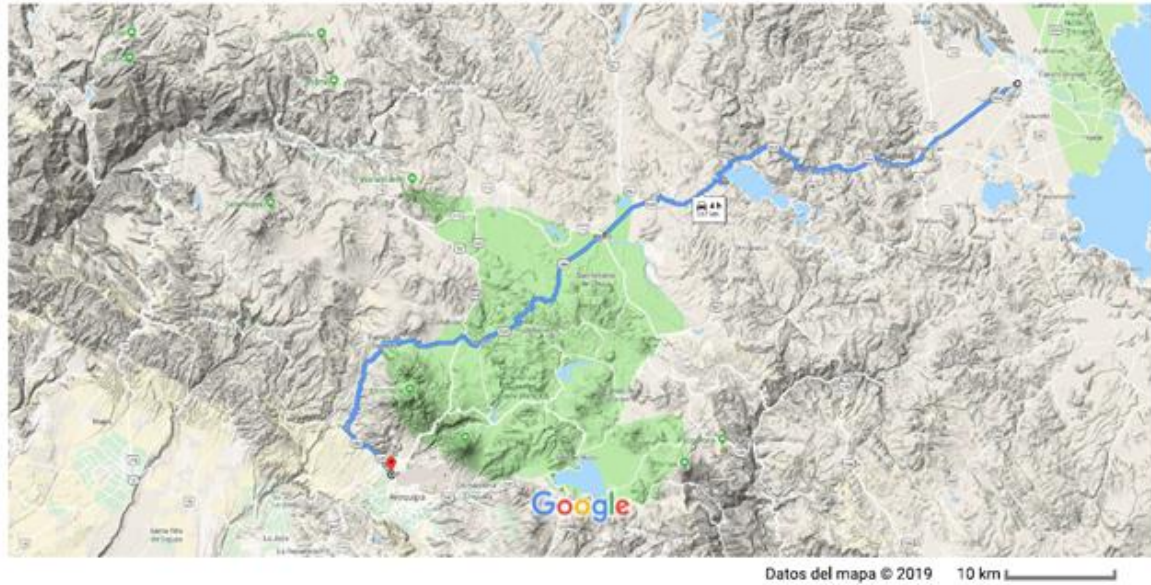
pastizales naturales dominados por especies de *Poa*, *Stipa*, *Calamagrostis*, y *Festucas*, compuestos por asociaciones de vegetación de baja productividad (Wilcox, Wilcox, Bryant, Wester, & Allen, 1986). La fertilidad del suelo y el ciclo de nutrientes se ven afectados por la alta erosividad del suelo, condicionada por una topografía y clima escarpados y la baja calidad inherente a los suelos andinos (Romero, 2005). La Puna se subdivide en dos fitorregiones diferentes, la Puna Húmeda o Húmeda y la Puna Seca o Xerofítica (Josse et al., 2009). Esta subdivisión se basa en un gradiente de disminución de las precipitaciones y la duración de la temporada de lluvias desde el noreste hasta el suroeste de los Andes. Los ecosistemas de pastizales y matorrales abiertos dominan la Puna húmeda y la Puna seca, respectivamente (Troll, 1959, citado por (Simpson, 1983)). Sin embargo, el estado actual de los paisajes y agroecosistemas de la Puna son el resultado de las intervenciones humanas durante varios milenios (Young, 2009). Las características propias de esta ecorregión y el estilo de crianza de los alpaqueros condicionan la interacción de las alpacas con el medio ambiente.

### 1.3 Fibra de alpaca

La fibra de alpaca está compuesta de  $\alpha$ -queratina, con una superficie externa de células cutáneas superpuestas. Los textiles compuestos de esta fibra exhiben un amplio rango de diámetros de fibra, entre 18 y 27  $\mu\text{m}$  (McGregor, 2018). El vellón de alpaca es la fibra natural obtenida de una alpaca. Es una fibra natural suave, duradera y sedosa. Es utilizada para la confección de prendas de vestir y accesorios de lujo.

## 2) Transporte

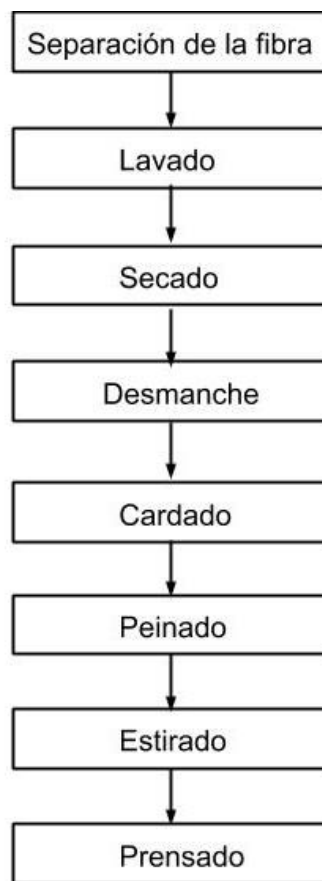
El transporte es una fuente de emisiones GEI por la quema de combustibles asociada a esta actividad. Luego de que la fibra es esquila es acopiada por intermediarios en las zonas rurales y luego llevada a la ciudad de Juliaca. En esta ciudad hay un centro de acopio desde donde se traslada la fibra cruda hasta la Fábrica de Tops en Arequipa. El transporte lo realizan empresas prestadoras de servicios usando la vía terrestre en la siguiente ruta:



*Figura 1: Ruta del transporte de la fibra cruda de Alpaca, Juliaca - Arequipa*

### 3) Procesamiento de la fibra

En planta la fibra cruda pasa por un sistema de operaciones unitarias que la transforman en top de fibra de alpaca.



**Figura 2:** Diagrama de flujo del del procesamiento de la fibra cruda en top

Fuente: Elaboración propia

### 3.1 Separación de la fibra

La primera operación unitaria en planta es el separado de la fibra. Los vellones de alpaca son separados y la fibra es clasificada de acuerdo al diámetro de los pelos. La separación se realiza de manera manual siendo el tacto de operarias expertas el que define la clasificación de la fibra. En esta fase se eliminan impurezas notorias a simple vista que contienen los vellones.

### 3.2 Lavado

Luego de ser clasificada la fibra se lava con agua caliente y detergentes para el descruado (eliminación de la película hidrofóbica que recubre a la fibra) de esta y eliminar impurezas de menor tamaño.

### **3.3 Secado**

La fibra es secada en máquinas secadoras, luego de esta operación se denomina floca.

### **3.4 Desmanche**

Consiste en la extracción manual de materia vegetal y fibra con el fin de eliminar impurezas y uniformizar el color de la fibra.

### **3.5 Peinado**

Las fibras son nuevamente paralelizadas en una sola dirección. De esta manera las fibras están ordenadas en una forma paralela aún más precisa.

### **3.6 Cardado**

La floca es estirada hasta formar una red de fibra laminada que luego es paralelizada para producir una mecha corrida de fibra.

### **3.7 Estirado**

La mecha es estirada para adelgazarla y paralelizar más la fibra, se forman los tops.

### **3.8 Prensado**

Con una máquina prensadora top es reducido en volumen para ser transportado.

### **2.2.5 Huella de carbono**

La Huella de Carbono de un producto también conocida como el Inventario de GEI, es la cuantificación de los gases GEI emitidos a lo largo del ciclo de vida de un producto siguiendo la metodología del análisis del ciclo de vida. Existen 2 enfoques para relacionar las emisiones con las actividades que las generan. El enfoque atributivo, en el que las emisiones y absorciones de GEI se atribuyen a la unidad funcional del producto estudiado mediante la vinculación de procesos atribuibles a lo largo de su ciclo de vida (INDECOPI, 2013). El enfoque Consecuencial, también llamado "enfoque orientado al cambio" que proporciona

información sobre las cargas medioambientales que se producen, directa o indirectamente, como consecuencia de una decisión (normalmente representada por modificaciones en demanda de un producto).

Existen varios estándares, similares entre sí, que proveen de requisitos y lineamientos para medir la huella de carbono de un producto. Uno ampliamente usado en diferentes sectores es “Estándar del Producto” (Product Standard) del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Greenhouse Gas Protocol (GHGP)). El GHGP es una asociación internacional conformada por múltiples partes interesadas de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONG), gobiernos y otros, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). Tiene como misión desarrollar estándares y herramientas de contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero (GEI) aceptados internacionalmente, y promover su adopción para lograr una economía de bajas emisiones en todo el mundo. El “Estándar del Producto” basa su contenido en la aplicación del enfoque atributivo. Bajo este estándar se debe contabilizar las emisiones y eliminaciones de GEI que ocurren durante el ciclo de vida de un producto. Las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), perfluorocarbonos (PFC) e hidrofluorocarbonos (HFC) a la atmósfera y su eliminación de la misma deberán ser contabilizados (GHG Protocol, 2011).

El “GHG Protocol Corporate Standard” clasifica las emisiones de GEI de una empresa en tres “ámbitos”. Las emisiones del alcance 1 son emisiones directas procedentes de fuentes propias o controladas. Las emisiones de alcance 2 son emisiones indirectas de la generación de energía comprada. Las emisiones del alcance 3 son todas las emisiones indirectas (no incluidas en el alcance 2) que se producen en la cadena de valor de la empresa que reporta, incluyendo tanto las emisiones en las fases anteriores como en las posteriores de la cadena de valor. Las emisiones de alcance 1 y 2 son obligatorias bajo los lineamientos del “Estándar del Producto”.

Para realizar el inventario de los GEI bajo el enfoque atributivo existen dos metodologías fundamentales: el análisis de procesos y el análisis input-output. El análisis de procesos es un enfoque popular en el campo del ACV. Consiste en

cuantificar las entradas y salidas físicas, así como cualquier tipo de energía, a nivel de producto, proceso o negocio para luego transformarlas e inventariarlas como GEI. En contraste, el análisis con la metodología input-output consiste en estimar el uso de energía y/o las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la producción y del suministro en fases anteriores dentro de la cadena de valor de un sector de la economía usando factores de emisión promedio para cada segmento de la economía. Esta metodología se ha utilizado históricamente a nivel regional o nacional. El uso de las 2 metodologías en un mismo estudio origina la metodología híbrida, en la cual se utiliza el análisis por procesos para los elementos más importantes del sistema estudiado y el análisis input – output para los elementos secundarios (Palamutcu, 2015b).

El IPCC, co-establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el PNUMA, con el fin de facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. Tiene como una de sus actividades principales el desarrollo de metodologías para Inventarios Nacionales de GEI. Esto permite cuantificar las emisiones GEI por actividad y así poder tomar medidas de gestión.

### **2.2.6 Efecto Invernadero**

El efecto invernadero es un componente del sistema climático global. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y debido a forzamientos externos tales como erupciones volcánicas, variaciones solares y forzamientos antropogénicos tales como la composición cambiante de la atmósfera y el cambio en el uso del suelo.

Se conoce como Efecto invernadero a un calentamiento de la superficie de la Tierra y de la troposfera (la capa más baja de la atmósfera) causado por la presencia de gases de efecto invernadero. El origen del término en 1986 se le atribuye al físico y fisicoquímico sueco Svante Arrhenius, con la publicación del primer modelo climático plausible que explicaba cómo los gases de la atmósfera terrestre atrapan el calor.



La atmósfera permite que la mayor parte de la luz visible del Sol pase y llegue a la superficie de la Tierra. A medida que la superficie de la Tierra es calentada por la luz solar, irradia parte de esta energía hacia el espacio en forma de radiación infrarroja. Esta radiación, a diferencia de la luz visible, tiende a ser absorbida por los gases de efecto invernadero en la atmósfera, elevando su temperatura. La atmósfera calentada a su vez irradia radiación infrarroja hacia la superficie de la Tierra (Britannica, 2019).

### **2.2.6.1 Gases de efecto invernadero**

Los gases de efecto invernadero son aquellos constituyentes gaseosos de la atmósfera, ambos naturales y antropogénicas, que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, la propia atmósfera y las nubes. Esta propiedad provoca el efecto invernadero. El vapor de agua ( $H_2O$ ), Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), Óxido Nitroso ( $N_2O$ ), Metano ( $CH_4$ ) y Ozono ( $O_3$ ) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra. Por otra parte, hay una serie de gases de efecto invernadero de origen humano en la atmósfera, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromo, abordadas en el Protocolo de Montreal. Además del  $CO_2$ ,  $N_2O$  y  $CH_4$  el Protocolo de Kioto se ocupa de los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ), hidrofluorocarburos (HFC) y perfluorocarburos (PFC).

#### **a) Dióxido de Carbono ( $CO_2$ )**

El  $CO_2$  es el principal gas de efecto invernadero emitido por las actividades humanas. El dióxido de carbono está naturalmente presente en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la Tierra (la circulación natural del carbono entre la atmósfera, los océanos, el suelo, las plantas y los animales). Si bien las emisiones de  $CO_2$  provienen de una variedad de fuentes naturales, las emisiones relacionadas con el hombre son responsables del aumento que se ha producido en la atmósfera desde la revolución industrial (Solomon et al., 2007). La principal actividad humana que emite  $CO_2$  es la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) para energía y transporte, aunque algunos procesos industriales y cambios en el uso del suelo también emiten  $CO_2$ .

**b) Metano (CH<sub>4</sub>)**

Las actividades humanas que emiten metano incluyen las fugas de los sistemas de gas natural y la cría de ganado. El metano también es emitido por fuentes naturales como los humedales naturales. Por otra parte, los procesos naturales en el suelo y las reacciones químicas en la atmósfera ayudan a eliminar el CH<sub>4</sub> de la atmósfera. La vida media del metano en la atmósfera es mucho más corta que la del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero el CH<sub>4</sub> es más efectivo para atrapar la radiación que el CO<sub>2</sub>. El impacto comparativo del CH<sub>4</sub> es más de 25 veces mayor que el CO<sub>2</sub> en un período de 100 años (United States Environmental Protection Agency, 2019).

**c) Dióxido de Nitrógeno (N<sub>2</sub>O)**

Las actividades humanas como la agricultura, la combustión de combustibles, la depuración de aguas residuales y los procesos industriales están aumentando la cantidad de N<sub>2</sub>O en la atmósfera. El óxido nitroso también está presente de forma natural en la atmósfera como parte del ciclo del nitrógeno de la Tierra, y tiene una variedad de fuentes naturales. Las moléculas de óxido nitroso permanecen en la atmósfera durante un promedio de 114 años antes de ser eliminadas por un sumidero o destruidas por reacciones químicas. El impacto de 1 gramo de N<sub>2</sub>O en el calentamiento de la atmósfera es casi 300 veces mayor que el de 1 gramo de dióxido de carbono.

**d) Gases Fluorados (Gases-F)**

A diferencia de muchos otros gases de efecto invernadero, los gases fluorados no tienen fuentes naturales y sólo proceden de actividades humanas. Muchos gases fluorados tienen un potencial de calentamiento atmosférico muy elevado en relación con otros gases de efecto invernadero. También pueden tener una larga vida útil en la atmósfera, en algunos casos, de miles de años. Existen cuatro categorías principales de gases fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>).

### 2.2.8 Impacto ambiental

Impacto ambiental es la alteración significativa del ambiente, de los sistemas naturales y transformados y de sus recursos, provocada por acciones humanas y de carácter positiva o negativa. Cuando son directos involucran la pérdida parcial o total de un recurso o deterioro de una variable ambiental (contaminar aguas, talar bosques, etc.). Cuando son indirectos inducen y/o generan otros riesgos sobre el ambiente (erosión antrópica, inundaciones, etc.).

### 2.2.9. Potencial de calentamiento global (PCG)

Cada GEI tiene propiedades de radiación activa (o atrapamiento de calor). El potencial de calentamiento global (PCG) es la capacidad de un GEI de atrapar calor en la atmósfera en relación con una cantidad igual de Dióxido de Carbono. Es un índice, basado en las propiedades radiativas de los gases de efecto invernadero combinados, que mide el índice de la fuerza radiativa de una masa unitaria de un determinado gas de efecto invernadero constituyente de la atmósfera actual integrado en un horizonte de tiempo determinado, en relación con el del Dióxido de carbono. El PCG representa el efecto combinado de los diferentes tiempos que estos gases permanecen en la atmósfera y su efecto relativo en la absorción de la radiación infrarroja térmica saliente. De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), durante un período de 100 años el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) asume el valor de 1 (Weisser, 2007). En la siguiente tabla se muestran los valores actualizados de Potencial de Calentamiento Global de los gases GEI que son emitidos durante el ciclo de vida del top de fibra de alpaca.

**Tabla 1:** Valores de Potencial de Calentamiento Global de los GEI CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Nombre común	Fórmula química	Valores de PCG para un horizonte de tiempo de 100 años	Concentración aproximada en la era pre-industrial	Concentración actual	Tiempo de permanencia en la atmósfera
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	280 ppm	415 ppm	Hasta 100 años
Metano	CH <sub>4</sub>	28	715 ppb	1866 ppb	Hasta 10 años
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	265	270 ppb	331 ppb	Hasta 180 años

Fuente: Elaboración propia con data de (Srivastav, 2019) y (Team, C.W.; Pachauri, R.; Reisinger, 2007)

### 2.2.10. Cambio climático

El cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente de décadas o más. El cambio climático puede deberse a procesos internos o factores externos naturales, o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Artículo 1, define el cambio climático como: “un cambio en el estado del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC distingue entre el cambio climático, atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y variabilidad climática, atribuible a causas naturales. Actualmente, se atribuye el cambio climático principalmente a los cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera debido a las emisiones de GEI (Solomon et al., 2007).

## Riesgos y vulnerabilidad asociados al cambio climático en el Perú

El Perú muestra una gran ante variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron fenómenos como el Niño. Así, bajo un escenario pasivo los efectos del cambio climático podrían ser incluso superiores ya que los efectos se potenciarían al involucrarse otros mecanismos que afectan negativamente el crecimiento; como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido al retroceso glaciar, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad, y efectos sobre la salud humana (Vargas, 2009).

El cambio climático contribuirá a la formación o la ampliación de condiciones de riesgo en la sociedad y sus medios de vida. Mientras que, por un lado, las modificaciones en el estado del clima previstas cambian los promedios y los patrones de variabilidad, paulatina y progresivamente (en ciertos momentos, abruptamente), por otro lado, las modificaciones en el patrón de variabilidad climática (La que incluye la frecuencia de recurrencia, grado de intensidad o tasa de incidencia de eventos hidrometeorológicos) tienen el potencial para generar efectos negativos en la sociedad, en un rango desde los eventos leves hasta los eventos extremos que generan desastres (MINAM-CENEPRED, 2013).

Ante esta situación, existen territorios, ecosistemas, ciclos productivos, poblaciones que son vulnerables; y la posibilidad de que los nuevos promedios sean un factor adicional en el desastre. Por ejemplo, de acuerdo al MINAM y CENEPRED un aumento en el promedio de la temperatura podría tener efectos negativos sobre la producción agrícola, lo que conducirá a crisis en los medios de vida y de subsistencia de distintas poblaciones, particularmente en zonas o regiones marginales. De la misma manera, una baja en los promedios de precipitación en zonas semiáridas podría convertir a estas en inhabitables en el futuro (Gestión, Riesgo, & Implicancias, n.d.)

### 2.3. Marco normativo

a) NORMA TÉCNICA PERUANA -ISO 14044 2013

Adopción de la norma ISO 14044:2006, estándar internacional de gestión ambiental para el Análisis del Ciclo de vida de los productos con los requisitos y directrices para llevar a cabo la evaluación (INDECOPI, 2013).

b) “RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 9 de abril de 2013 sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida”.

Documento que promueve el uso de los métodos de huella ambiental en las políticas pertinentes y en los sistemas relacionados con la medición o comunicación del comportamiento ambiental de los productos u organizaciones en el ciclo de vida (Europese Commissie, 2013).

c) “Manual de Referencia Internacional del Sistema de Datos del Ciclo de Vida. Guía general para la evaluación del ciclo de vida - Guía detallada”.

Manual que contiene una serie de documentos técnicos que proporcionan orientación sobre buenas prácticas en la evaluación del ciclo de vida de las empresas y los gobiernos. Está respaldado por plantillas, herramientas y otros componentes. El Manual de la ILCD también sirve como un documento " de referencia " para el desarrollo de documentos de orientación específicos para cada sector y grupo de productos, criterios y herramientas simplificadas de ecodiseño (ILCD Handbook, 2010).

d) “Manual de análisis del ciclo de vida (LCA) de Textiles y prendas de vestir”.

Documento que cubre sistemáticamente el proceso de ACV con ejemplos y estudios de caso exhaustivos para evaluar los impactos ambientales de los productos textiles, desde la extracción de materias primas, pasando por el procesamiento de fibras, la fabricación, distribución y uso de textiles, hasta su eliminación o reciclado.

- e) “Ciclo de vida del producto Contabilidad y Estándar para reportar” del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI), (GHG Protocol, 2011).

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es una asociación de múltiples partes interesadas de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONG), gobiernos y otros, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). La misión del GHG Protocol es desarrollar estándares y herramientas de contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero (GEI) aceptados internacionalmente, y promover su adopción para lograr una economía de bajas emisiones en todo el mundo (GHG Protocol, 2011).



## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

**3.1. Tipo de investigación:** Analítica aplicada

**3.2 Campo de verificación (ubicación y unidades de estudio):** Se aplicó la metodología del Análisis del Ciclo de Vida al top de fibra de alpaca procesado en una fábrica de tops de fibra de alpaca ubicada en la región Arequipa, provincia Arequipa.

**3.3 Población, muestra y muestreo**

**Población:** conformada por tops producidos en el periodo de enero a agosto del año 2019 en una fábrica de tops de fibra de alpaca ubicada en la provincia de Arequipa.

**Muestra:** 1 kg de top de fibra de alpaca

**Muestreo:** La homogeneidad y estandarización permanente de los tops de fibra de alpaca procesados en la fábrica permiten que 1 kg de fibra de alpaca represente a toda la población.

**3.4 Técnicas e instrumentos para recopilación de datos**

Los datos para la investigación se obtuvieron mediante observaciones in situ y solicitud de acceso a la información.

**3.5 Descripción de la investigación**

**3.5.1 Identificación de los límites, el contexto y alcances del estudio de determinación de la huella de carbono en la cadena de valor de la fibra de alpaca**

Se identificó el sistema del producto a ser analizado y los límites de este, la unidad funcional, los procedimientos y metodologías a aplicar, las suposiciones y limitaciones, calidad de los datos y el tipo y formato de informe requerido para el



estudio. Para esto se revisó literatura legal y técnica referida al Análisis del Ciclo de Vida.

### **Visitas técnicas**

Realizar visitas técnicas en campo y planta. Durante las visitas entrevistar a personas involucradas en la cadena de valor de la alpaca para obtener orientación en la definición de los alcances y limitaciones del estudio a realizar.

Visitas:

#### **a) Fábrica de Acabados**

La fábrica de Acabados se recorrió observando diferentes procesos para la manufactura de los productos. Se encuestó a miembros del personal de acuerdo a las funciones que desempeñaban.

#### **b) Fábrica de tops**

La fábrica de tops de alpaca se visitó 3 veces. Se hizo un recorrido observando todo el proceso de transformación de la fibra en top. Se encuestó a miembros del personal de acuerdo a las funciones que desempeñaban.

#### **c) Fundo alpaquero**

Ubicado en el departamento de Puno, es un centro de crianza de alpacas. Se visitó una vez testificando el inicio de la cadena de valor de la fibra de alpaca. Se encuestó a miembros del personal de acuerdo a las funciones que desempeñaban.

#### **d) DESCOSUR**

Es la subdivisión para el sur del Perú de la institución no gubernamental DESCO, Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. Ejecutan proyectos con alpaqueros minifundistas con el fin de mejorar la productividad de las alpacas.

Después de una retroalimentación de información producto de la lectura de la literatura y las visitas técnicas se definió:

- El sistema del producto y los límites de este
- La unidad funcional

Considerando lo anterior se determinó:

- El tipo de informe del estudio
- Los indicadores ambientales a ser analizados

En base al tipo de informe de estudio y a los indicadores ambientales a analizar se eligió el estándar a seguir para la medición del indicador ambiental.

Luego fue posible establecer los objetivos del estudio del Análisis del Ciclo de Vida y los alcances de este.

### **3.5.2 Realización del Inventario de emisiones de GEI**

Las emisiones de GEI fueron inventariadas en las 3 etapas del sistema delimitado.

#### **A) Inventario de emisiones GEI de la etapa Formación de la Fibra**

Para el inventario de GEI de la etapa “Formación de la Fibra” el primer paso fue realizar un checklist de aspectos ambientales fuente de GEI relacionados a la crianza de ganado. Los aspectos se determinaron en base a de Figueiredo et al., 2017 y Wiedemann, Yan, Henry, & Murphy, 2016. Posteriormente se contrastaron con los aspectos ambientales identificados en la visita al Fundo Alpaquero y los referidos por criadores minifundistas de alpacas. Para los aspectos ambientales identificados (fermentación entérica y gestión del estiércol) en la crianza de alpacas se realizó un inventario de GEI considerando los factores de emisión específicos para cada tipo de GEI de acuerdo a las directrices establecidas en el documento “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”.

#### **Emisiones por fermentación entérica**

Para las emisiones de CH<sub>4</sub> por fermentación se siguió los métodos del Volumen 4, Capítulo 10: “EMISIONES RESULTANTES DE LA GESTIÓN DEL GANADO Y DEL ESTIÉRCOL”.

Se siguió el método Nivel 1 sugerido por el IPCC. El método Nivel 1 está simplificado ya que presenta factores de emisión por defecto para cada uno de los subgrupos de población recomendados, entre los que se incluye a las alpacas. Se utilizó el dato de factor de emisión anual de Metano para alpacas de manera directa en el inventario.

### Emisiones por gestión del estiércol

Para las emisiones de CH<sub>4</sub> por gestión del estiércol se siguió los métodos del Volumen 4, Capítulo 10: “EMISIONES RESULTANTES DE LA GESTIÓN DEL GANADO Y DEL ESTIÉRCOL”. Se siguió el método Nivel 1 sugerido por el IPCC. Se utilizó el factor de emisión por defecto para ovinos que, en base a una fórmula de conversión a las guías del IPCC, fue utilizado para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por el estiércol de alpacas.

El factor de emisión para ovinos fue determinado por el IPCC a partir de la ecuación 1:

#### Ecuación 1: Factor de emisión de CH<sub>4</sub> de la gestión del estiércol

$$EF = (VS * 365) * \left[ B_o * \frac{0.67 \text{ kg}}{\text{m}^3} * \frac{MCF_{S,k}}{100} * MS_{(S,k)} \right] \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

- EF es el factor de emisión anual de CH<sub>4</sub> para la población de ganado, kg CH<sub>4</sub>/(animal\*año)
- VS(T) son los sólidos volátiles excretados por día, kg materia seca/(animal\*día)
- 365 es la base para calcular la producción anual de VS, días/año
- Bo es la capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado, m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg de VS excretados
- 0,67 es el factor de conversión de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> a kilos de CH<sub>4</sub>
- MCF(S,k) son los factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol S por región climática k, %

- MS (S, k) es la fracción del estiércol del ganado manejado usando el sistema de gestión de desechos S en la región climática k, sin dimensión.

Para las emisiones de N<sub>2</sub>O por gestión del estiércol se siguió los métodos del Volumen 4, capítulo 11: “EMISIONES DE N<sub>2</sub>O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA”. Se siguió el método Nivel 1, para emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados.

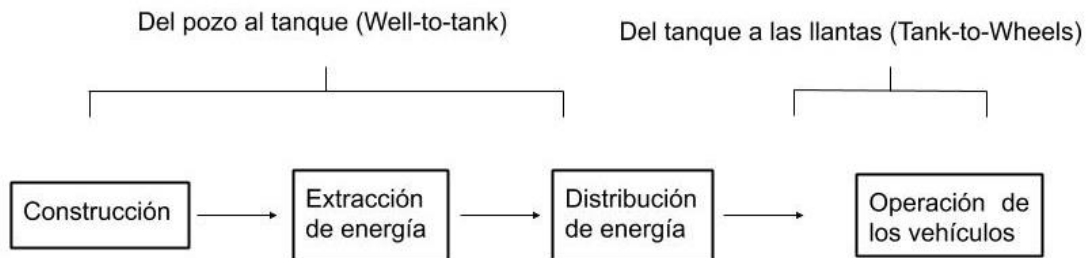
### **Emisiones de aspectos ambientales adicionales**

Se justificó la exclusión de análisis del resto de aspectos ambientales. La justificación de emisiones nulas por uso del suelo se sustentó en las hojas de trabajo del IPCC, Anexo 2. La justificación del resto de aspectos ambientales se argumentó en base la información obtenida oralmente de los actores de la cadena de valor de la fibra de alpaca, constataciones en campo y bibliografía.

### **B) Inventario GEI para la etapa Transporte**

El inventario de emisiones de GEI para la etapa del transporte se calculó usando la herramienta de libre acceso “EcoTransIT World®” (ETW) que es una aplicación de internet para obtener información de la huella ecológica del transporte a nivel mundial. Esta herramienta está alineada con la norma de la Unión Europea EN 16258:2012 "Metodología para el cálculo y la declaración del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero en los servicios de transporte (transporte de mercancías y de pasajeros)". La metodología de cálculo y los factores de emisión de (ETW) han sido desarrollados y son mejorados continuamente por el “Instituto de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (ifeu, por sus siglas en alemán) Heidelberg” e “INFRAS: Consultoría, Análisis e Investigación”. Para el cálculo de las distancias recorridas la “Sociedad de Ingeniería de Transporte (IVE, por sus siglas en alemán) Hannover” ha desarrollado la base metodológica para crear un cálculo automático de rutas y distancias de transporte utilizadas, siendo actualizadas continuamente a nivel mundial.

ETW considera el enfoque “Well-to-Wheels/WTW” (del pozo a las llantas) que incluye la suma de las emisiones generadas directamente durante la operación del vehículo de transporte (Tank-to-Wheels/TTW) y el consumo de energía y emisiones en fases anteriores (suministro, producción y distribución de energía; Well-to-Tank/WTT). El presente estudio solo cuantificará las emisiones directas generadas durante la operación (Alcance tipo 2).



**Figura 3:** Límites del sistema considerados para el inventario de emisiones GEI durante la etapa de transporte

### Uso de la aplicación ETW

Las emisiones generadas fueron calculadas con datos ingresados y valores por defecto para determinados indicadores.

De los 2 modos de ingreso de datos, estándar y extendido, se seleccionó el modo extendido. Se ingresaron los siguientes datos:

#### 1) Ubicaciones de origen y destino

Para determinar las ubicaciones de origen y destino se ingresaron las coordenadas geográficas del centro de acopio en Juliaca y de la fábrica de tops en Arequipa como punto de origen y de destino respectivamente.

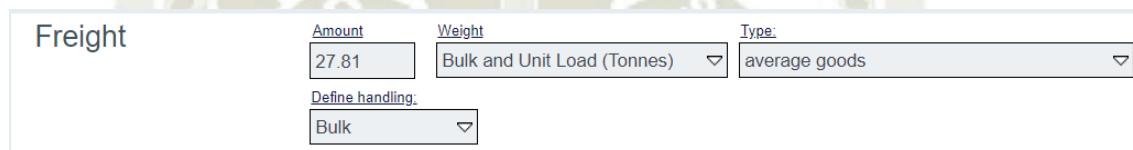
**Figura 4:** Coordenadas del centro de acopio en Juliaca



*Figura 5: Coordenadas de la fábrica de tops en Arequipa*

## 2) Masa total de la carga transportada

Es el valor del peso total transportado. Se calculó sumando los pesos del camión, la carrocería y la carga de la fibra cruda de alpaca. Estos datos fueron obtenidos de una empresa tercera que realiza regularmente el servicio de transporte de la fibra cruda.



*Figura 6: Ingreso del dato Masa Total de Carga Transportada*

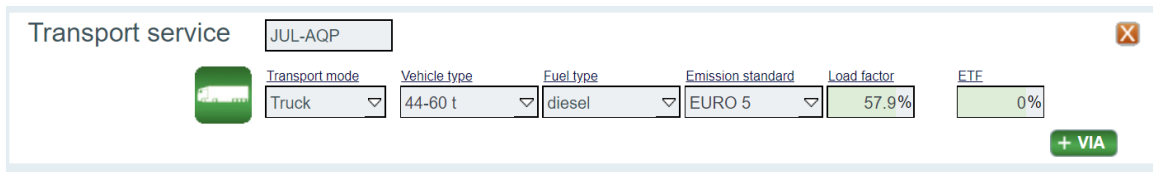
Adicionalmente, los siguientes datos fueron ingresados en la versión extendida:

- 3) **Tipo de vehículo:** Categorización del auto en función a la capacidad máxima de carga del vehículo. El camión VOLVO F12 4X2 tiene una capacidad máxima de carga de 48 toneladas recayendo en el intervalo de 44 a 60 t de la aplicación.
- 4) **Tipo de combustible:** Diésel
- 5) **Estándar de emisión:** EURO 5, sugerido por defecto por la aplicación EcoTransit®.
- 6) **Factor de carga:** Ratio porcentual entre la carga transportada y la capacidad máxima de carga del camión.

### Ecuación 2: Factor de carga

$$\frac{27.8 t}{48 t} * 100 = 57,9\% \quad (\text{Ec. 2})$$

## 7) Factor de viaje vacío: 0%



The screenshot shows a web interface for data entry. At the top, there is a 'Transport service' field with the value 'JUL-AQP'. Below it, a table of input fields is displayed:

Transport mode	Vehicle type	Fuel type	Emission standard	Load factor	ETE
Truck	44-60 t	diesel	EURO 5	57.9%	0%

At the bottom right of the form, there is a green button labeled '+ VIA'.

*Figura 7: Ingreso de los datos c, d, e, f y g*

Luego de ingresar todos los campos la aplicación ETW calculó el total de energía consumida, así como las emisiones de GEI.

### Metodología de cálculo de ETW

Para la estimación de las emisiones GEI el consumo de energía es asignado y calculado a una ruta en función del peso métrico de la carga y la distancia recorrida (tkm).

La metodología de cálculo de ETW (EcoTransIT World Initiative, 2016) considera las ecuaciones 03 y 04 como regla de cálculo principal para el análisis de las emisiones:

#### Ecuación 3: Consumo energético del transporte

$$ECT_i = D_i * M * (ECF_{tkm,i} + ECU_{tkm,i})$$

Dónde:

- $ECT_i$  es el consumo de energía del transporte (MJ)
- $D_i$  es la distancia del transporte recorrida para cada portador de energía  $i$  (km)
- $M$  es la masa de la carga transportada, t
- $ECF_{tkm,i}$  es el consumo de energía para cada portador de energía,  $i$  TTW (MJ/tkm)
- $ECU_{tkm,i}$ : Consumo de Energía para cada portador de energía,  $i$  WTT (MJ/tkm)

#### Ecuación 4: Emisiones totales del transporte

$$EMT_i = D_i * M * (EMV_{tkm,i} + EMU_{tkm,i}) \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

- $EMT_i$  son las emisiones del transporte bajo el enfoque del pozo a las llantas (kg)
- $D_i$  es la distancia del transporte recorrido para cada portador de energía  $i$  (km)
- $M$  es la masa de la carga transportada, t
- $EMV_{tkm,i}$ : Factor de emisión del vehículo para cada portador de energía,  $i$  TTW g/tkm
- $EMU_{tkm,i}$ : Factor de emisión del pozo al tanque, g/tkm

#### Características asumidas por defecto

Se consideran los siguientes supuestos:

Para el cálculo del consumo de energía y de los impactos ambientales, ETW determina la ruta entre origen y destino para cada tipo de tráfico seleccionado. Por lo tanto, ETW utiliza una enorme base de datos SIG que incluye ubicaciones y redes mundiales de transporte.

##### 1) Transporte por carretera

Para el transporte por carretera ETW distingue entre Europa y otros países. Los otros países son categorizados en siete regiones del mundo y dentro de cada región ETW identifica los países más importantes con un alto nivel de transporte considerando cada uno de ellos individualmente.

**Tabla 2: Diferenciación de regiones y países para el transporte por carretera**

ID	Región	País	Código
401	América Central y del Sur	por defecto	csa
402	América Central y del Sur	Brasil	BR

**Fuente:** EcoTransIT World 2018



Perú recae en la región América Central y del Sur.

**Tabla 3: Parámetros asumidos para cada país/región**

<b>Especificaciones</b>
Contenido de azufre
Parte de biocombustibles
Regulaciones de emisiones
Topografía
Vehículos disponibles
Vehículos por defecto para distancias largas

**Fuente:** EcoTransIT World 2018

## 2) Consumo de energía final y factores de emisión de los vehículos (TTW)

Las principales fuentes para determinar el consumo de energía final y factores de emisión de los vehículos son el "Manual de factores de emisión para el transporte por carretera" (HBEFA) /INFRAS 2014/ para camiones con límites de emisión de la UE.

La influencia del factor de carga se modela de acuerdo con el Manual de Factores de Emisión /INFRAS 2014/. En este contexto, el consumo de combustible de un vehículo vacío puede ser 1/3 inferior al consumo de combustible del vehículo a plena carga. Esta influencia puede ser aún mayor dependiendo de las características de conducción y de la pendiente.

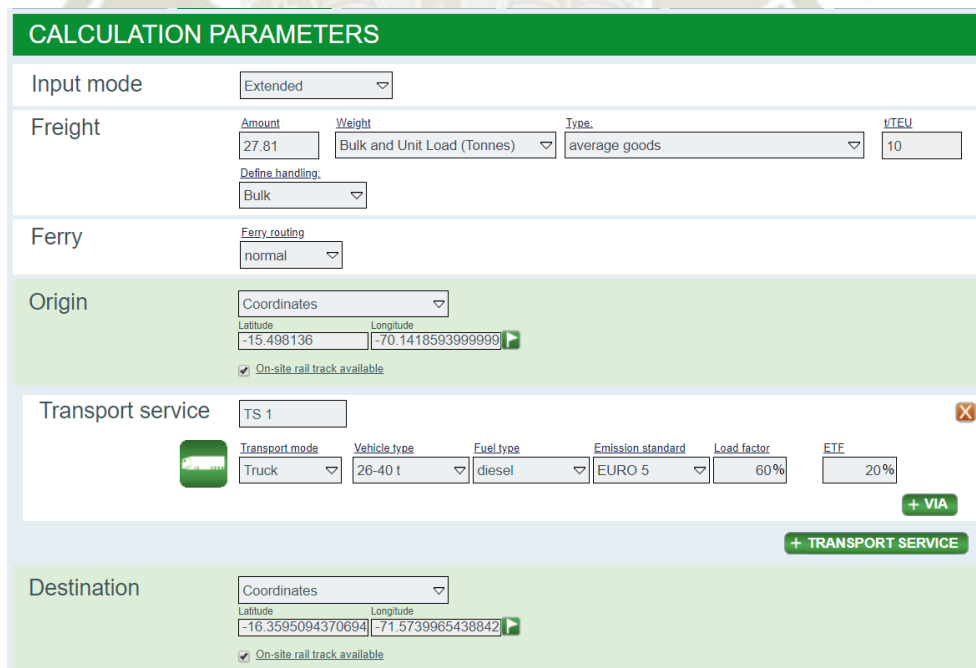
El consumo de energía y las emisiones también dependen del patrón de conducción. Dos patrones de conducción típicos, uno para el tráfico por vías

urbanas y otro para el tráfico por carretera (principalmente extra-urbano) son consideradas por la ETW. El tráfico en las vías urbanas tiene una pequeña fracción en el transporte de larga distancia y, por lo tanto, está incluido en las otras vías.

Otro parámetro es el gradiente. Al igual que en el transporte ferroviario, la pendiente tiene en cuenta factores específicos de cada país, que representan la topología media del país ("llano", "montañoso" y "montañoso"). La proporción de pendientes para los diferentes países en el transporte internacional por carretera sólo puede estimarse. Para todas las regiones fuera de Europa se utilizan los valores de "montañoso".

### 3) Factores de consumo de energía y emisiones de GEI

Los factores de emisión de GEI (ej: MJ ó kg CO<sub>2</sub> equivalente per litro de diésel) se calculan con valores por defecto tomados del apéndice A de la norma EN 16258. En el anexo 3 de este trabajo están los valores por defecto para combustibles y gases.



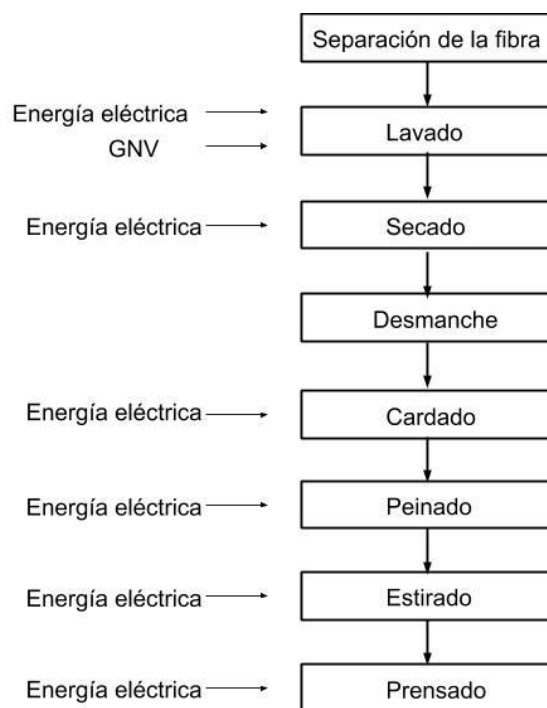
The screenshot shows the 'CALCULATION PARAMETERS' form in the EcoTransit web application. The form is divided into several sections:

- Input mode:** Extended (dropdown)
- Freight:** Amount: 27.81, Weight: Bulk and Unit Load (Tonnes) (dropdown), Type: average goods (dropdown), VTEU: 10. Define handling: Bulk (dropdown).
- Ferry:** Ferry routing: normal (dropdown)
- Origin:** Coordinates (dropdown), Latitude: -15.498136, Longitude: -70.14185939999999. On-site rail track available: checked.
- Transport service:** TS 1 (dropdown). Transport mode: Truck (dropdown), Vehicle type: 26-40 t (dropdown), Fuel type: diesel (dropdown), Emission standard: EURO 5 (dropdown), Load factor: 60%, ETF: 20%. Includes a '+ VIA' button and a '+ TRANSPORT SERVICE' button.
- Destination:** Coordinates (dropdown), Latitude: -16.3595094370694, Longitude: -71.5739965438842. On-site rail track available: checked.

Figura 8: Captura de pantalla del ingreso de datos a la herramienta web EcoTransit

### C) Inventario de emisiones GEI de la etapa Procesamiento en Planta

Se identificó las operaciones unitarias del proceso que generan emisiones GEI.



**Figura 9:** Diagrama de flujo de operaciones y entradas que generan emisiones GEI

### Uso de energía eléctrica

Para calcular las emisiones generadas por consumo de energía eléctrica se consultó la fuente de la energía y el sistema de generación de esta a la Fábrica de Tops. Se constató que la energía eléctrica era distribuida directamente por la Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. – EGASA a la planta de transformación de la fibra. Al indagar el sistema de generación de la energía en EGASA se encontró 2 sistemas: generación térmica y generación hidroeléctrica. Se consultó a EGASA el tipo de generación de la energía distribuida al área donde se ubica la Fábrica de Tops y se obtuvo como respuesta que el 100% de la energía distribuida a la Fábrica de Tops era generada hidroeléctricamente en las centrales Charcani I, II, III, IV, V y VI.

Se descartó el valor teórico de 0 g de emisiones GEI por kWh de electricidad generado en hidroeléctricas asumido por el Inventario Nacional de GEI 2012. En su lugar se utilizó el valor estadístico para emisiones asociadas a la generación hidroeléctrica de energía del documento del IPCC “Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático, Informe especial del Grupo

Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (Moomaw, T., F. Yamba, M. Kamimoto, L. Maurice, J. Nyboer, K. Urama, 2011). El documento señala que, si bien una de las principales ventajas ambientales de la energía hidroeléctrica es que no genera contaminantes atmosféricos ni residuos asociados a la combustión de combustibles, todos los sistemas de agua dulce, ya sean naturales o artificiales, emiten gases de efecto invernadero (por ejemplo, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) debido a la descomposición de la materia orgánica.

### **Metodología para hallar el valor de Emisiones de GEI por kWh de energía generado**

El valor estadístico de gases GEI emitidos por kWh generado fue obtenido por el IPCC después de una exhaustiva revisión bibliográfica de publicaciones referidas al ACV de la generación de energía eléctrica. Se siguió la siguiente metodología (Burgherr et al., 2011):

- 1) Recolección: Búsqueda de publicaciones en bases de datos especializadas.
- 2) Revisión: La primera selección fue de artículos de revistas revisadas por pares, actas de conferencias científicamente detalladas, tesis doctorales e informes (escritos por agencias gubernamentales, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales, instituciones internacionales o corporaciones) publicados después de 1980. La primera selección también aseguró que las referencias aceptadas fueran ACVs, definidos como el análisis de dos o más fases del ciclo de vida. Se procedió con una segunda selección considerando el Empleo de un enfoque atributivo de ACV y un método de contabilización de GEI aceptado y actual (los enfoque de ACV consecuencial no fueron incluidos porque sus resultados no son en principio comparables a los resultados basados en los métodos de ACV por atribución). Se verificó que los inputs reportados, las características del escenario/tecnología, las suposiciones importantes y los resultados sean lo suficientemente detallados como para rastrear y confiar en los resultados. Para asegurar la precisión en la transcripción de los resultados se realizó una tercera selección sólo se incluyeron las estimaciones de emisiones de GEI que se informaron numéricamente (es

decir, no sólo gráficamente). Los resultados tenían que haber sido fácilmente convertibles a la unidad funcional elegida para el reporte del IPCC: gramos de CO<sub>2</sub>eq por kWh generado.

- 3) Análisis de los resultados estimados: Los resultados estimados de las emisiones GEI del ciclo de vida de los estudios seleccionados fueron analizados y graficados. Los resultados fueron convertidos a la unidad funcional en común de g CO<sub>2</sub>eq por kWh generado. Esta conversión se realizó sin utilizar hipótesis externas; si se requería alguna, no se incluyó dicha estimación. Se eliminó resultados estimados de emisiones totales GEI durante el ciclo de vida que incluyeran o no incluyeran por separado contribuciones de GEI de los cambios en el uso de la tierra o de la producción de calor (en los casos de cogeneración). Las estimaciones incluidas en el reporte del IPCC se refieren únicamente a la generación de electricidad. Finalmente, se calculó la información distributiva necesaria para la visualización en gráficos de cajas y bigotes: mínimo, valor del percentil 25, valor del percentil 50, valor del percentil 75 y máximo.

La relación de consumo de energía eléctrica por cada kg de top de fibra de alpaca fue un dato proporcionado por la Fábrica de Tops de Alpaca tomando como referencia el consumo mensual de energía eléctrica y el total de kg de tops producidos.

#### **a) Combustión de gas natural**

Para el inventario de las emisiones de GEI generadas por el consumo de gas natural se utilizaron las guías del IPCC Volumen 2 Energía, Capítulo 2 Combustión Estacionaria donde se establece que, de manera general, las emisiones de cada gas de efecto invernadero de fuentes estacionarias se calculan multiplicando el consumo de combustible por el factor de emisión correspondiente (Gómez et al., 2006). Se aplicó la siguiente ecuación:

### Ecuación 5: Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria

$$Emisiones_{GEI\ combustible} = Consumo_{combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI,combustible}$$

(Ec. 5)

Donde:

- $Emisiones_{GEI\ combustible}$  son las emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI)
- $Consumo_{combustible}$  es la cantidad de combustible quemado (TJ)
- $Factor\ de\ emisión_{GEI,combustible}$  es el factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ).

Para obtener el consumo de combustible en TJ se multiplicó la cantidad de gas natural quemado en planta en  $Sm^3$  por el poder calorífico por  $sm^3$ .

Los factores de emisión para cada gas GEI fueron extraídos de la tabla “Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias manufactureras y de la construcción (kg de gases de efecto invernadero por TJ)” de las guías del IPCC.

Cada factor de emisión de los gases GEI  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$  fue multiplicado por el consumo de gas natural (TJ) utilizado en la producción de 1 kg de top de fibra de alpaca.

#### 3.3. Determinación del potencial de calentamiento global de las emisiones GEI por kg de top de fibra de alpaca

Para el procesamiento de los resultados del inventario se utilizó el programa informático Microsoft Excel 2010. El potencial de calentamiento global se estimó asignando las emisiones totales por etapa a las actividades necesarias para la producción de la unidad funcional determinada al inicio del estudio, 1 kg de top de fibra de alpaca. Las emisiones de  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$  resultantes fueron multiplicadas por los valores de Potencial de Calentamiento Global (PCG)

relativos al CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq). Los valores fueron tomados del documento “Valores de Potencial de Calentamiento Global” del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, valores extraídos a su vez del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, 2014 (AR5).

En la etapa Formación de la Fibra se multiplicó las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O determinadas en el Inventario por los Valores de Potencial de Calentamiento Global establecidos por el IPCC. En la etapa Transporte se calculó las emisiones en CO<sub>2</sub>eq de cada kg fibra de alpaca transportado dividiendo el total de GEI emitido por viaje (cálculo realizado con la herramienta EcoTransit) entre la carga transportada.

En la etapa “Procesamiento de la fibra” se obtuvo la relación de consumo de energía eléctrica en kWh por kg de top en planta. El valor obtenido se multiplicó por el factor estandarizado por el IPCC de 4 g CO<sub>2</sub>eq/kWh de emisión de GEI en hidroeléctricas para obtener la contribución de emisiones GEI del uso de energía eléctrica para la producción de 1 kg de top de fibra de alpaca.

Para estimar el potencial de calentamiento global de la combustión de Gas Natural las cantidades de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O emitidas fueron multiplicados por el consumo de gas natural utilizado para producir 1kg de top (TJ/kg de top). Luego se multiplicó cada GEI por los Valores de Potencial de Calentamiento Global establecidos por el IPCC.

Se determinó cual es la etapa de la cadena de valor de top de fibra de alpaca que más contribuye con emisiones GEI al ambiente, así como la etapa que menos contribuye con emisiones GEI al ambiente.

Se determinó cuál es el aspecto ambiental que genera más emisiones de GEI durante la cadena de valor de la fibra de alpaca, así como el aspecto ambiental que genera menos emisiones de GEI.

Se determinó la huella de carbono de 1 kg de top de fibra de alpaca producido en la región de Arequipa.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

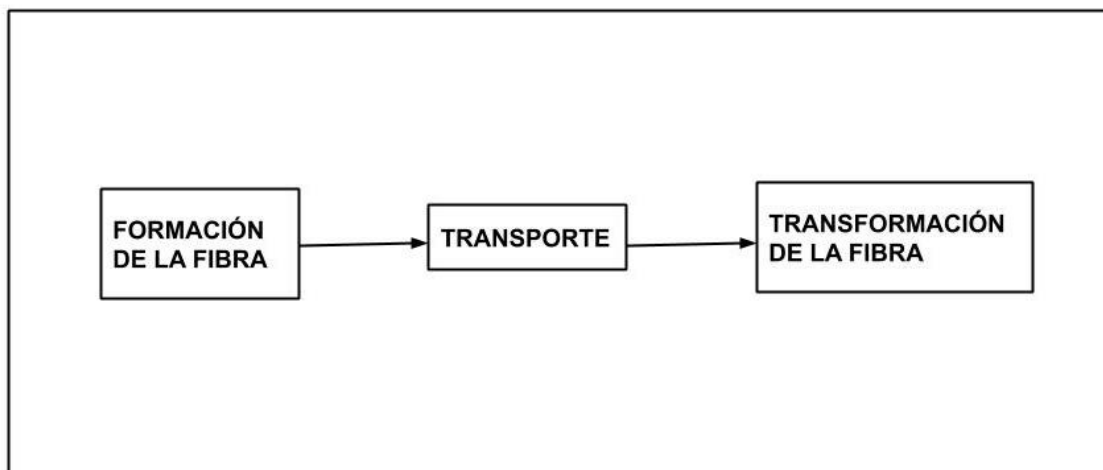
### 4.1. Identificación de los límites, el contexto y alcances del estudio de determinación de la huella de carbono en la cadena de valor de la fibra de alpaca

#### 4.1.1. Límites del sistema del producto

Las visitas permitieron saber que en la fábrica de tops (topería) se realizan operaciones para procesar la fibra cruda de alpaca en top de alpaca listo para ser hilado. El producto final es top de alpaca listo para ser hilado. Los tops de alpaca se exportan para ser hilado en diferentes fábricas del mundo y también se distribuyen a la fábrica de Prendas y Accesorios. En esta última fábrica se tejen y confeccionan prendas de vestir, telas y productos de la línea hogar siendo la fibra de alpaca la materia prima principal. La mayor parte de la producción es comercializada en el exterior. En la sede de DESCOSUR en Arequipa se entrevistó a personal obteniéndose información de los métodos de crianza que utilizan los alpaqueros minifundistas en la región de Puno. Uno de los proyectos referente fue “Desarrollo de la Crianza de los Camélidos Sudamericanos Domésticos” (2005 – 2007) como propuesta de desarrollo del circuito económico de los camélidos sudamericanos domésticos.

Se definió que el sistema a ser evaluado dentro del estudio comprenda la formación de la fibra en las alpacas en la Puna y termine en la puerta de salida de la Fábrica de Tops, obedeciendo a un enfoque de la cuna a la puerta (“from cradle to gate”) el cual evalúa la huella ambiental de un producto que posteriormente es utilizado en la elaboración de otros productos. En este caso el producto inicial es la fibra de alpaca cruda que se transforma en top de fibra de alpaca y posteriormente es utilizada como materia prima de tejidos con diversos fines. En la siguiente figura se pueden observar las etapas incluidas dentro del sistema: formación de la fibra en campo, transporte de la Puna a la ciudad y los procesos y operaciones de transformación del producto en la fábrica.





**Figura 10:** Esquema del sistema a ser evaluado para la elaboración del Ecoperfil del Top de Fibra de Alpaca en el sur del Perú

Considerando que:

La etapa de formación de la fibra a evaluar será representada por el tipo de crianza de alpacas minifundista, que representa más del 99,9% de la producción total de fibra de alpaca. No se considerarán fundos con estándares de crianza diferentes.

Para el transporte se asume que el 100 % de la fibra viene de Juliaca, no se considera el transporte del origen de la fibra en zonas rurales hasta Juliaca. El 80% de la fibra que compra la fábrica de tops proviene de Juliaca y el resto de los departamentos de Junín y Ayacucho. Esto se debe a que en Puno se produce la mayor cantidad de fibra cruda de alpaca a nivel nacional y mundial.

Para la etapa Transformación de la Fibra se consideraron las emisiones de las operaciones directas (Alcance tipo 1 y 2), no emisiones indirectas en fases anterior y posterior (obtención de maquinaria, insumos, etc) a los procesos y operaciones de transformación de la fibra que corresponden a un Alcance tipo 3.

#### 4.1.2. Unidad funcional

Se determinó que la unidad funcional sea 1 kg de top de fibra de alpaca. El top de fibra es la banda continua, no retorcida, de lana ("sliver") producida por la

máquina peinadora después de que el vellón ha sido lavado y cardado. El proceso de peinado elimina las fibras cortas y débiles ("noils") dejando las fibras largas que están alineadas paralelamente unas con otras. Se trata de la fibra de lana de mayor calidad o "top of the line", de ahí el nombre de "top". El peso del top de lana es el peso de la fibra de lana limpia y seca. (Barber & Pellow, 2006).

El kilogramo es una unidad reconocida por el SI, ampliamente utilizada como referente en diferentes campos y es la unidad que se utiliza para la comercialización entre fábricas y fuera del país. La unidad utilizada entre productores y las fábricas es el quintal que equivale a 46 kg.

#### **4.1.3. Tipo de informe del estudio**

Se concluyó que el tipo de estudio bajo la metodología ACV sea un Estudio de Inventario del Ciclo de Vida (Estudio de ICV). El objetivo de este tipo de estudio es cumplido desarrollando un análisis de inventario y una interpretación. Se determinó que el formato del informe del estudio sea un Ecoperfil.

#### **4.1.4. Indicadores a ser analizados**

Se determinó que el indicador para medir el desempeño ambiental sea la huella de carbono por la relevancia de este indicador para estimar las contribuciones de un producto (Palamutcu, 2015a), la disponibilidad de data a lo largo de la cadena de valor de la fibra de alpaca y existencia de metodologías validadas para el análisis.

#### **4.1.5. Elección del estándar a seguir para la medición de la huella de carbono**

Se determinó que la medición de la huella de carbono se realice siguiendo las directrices del "Estándar de contabilidad y reporte del ciclo de vida del producto" del "Protocolo de Gases de Efecto Invernadero" bajo un enfoque atributivo (GHG Protocol, 2011). Para el inventario de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) se planeó utilizar un método híbrido. Para data del campo se seleccionó un análisis input – output, para data referida al transporte y actividades/procesos en planta se eligió realizar un análisis de procesos.

#### 4.1.6. Objetivos del estudio del ACV del top de fibra de alpaca

La siguiente tabla resume las decisiones tomadas como parte de la primera etapa del ACV.

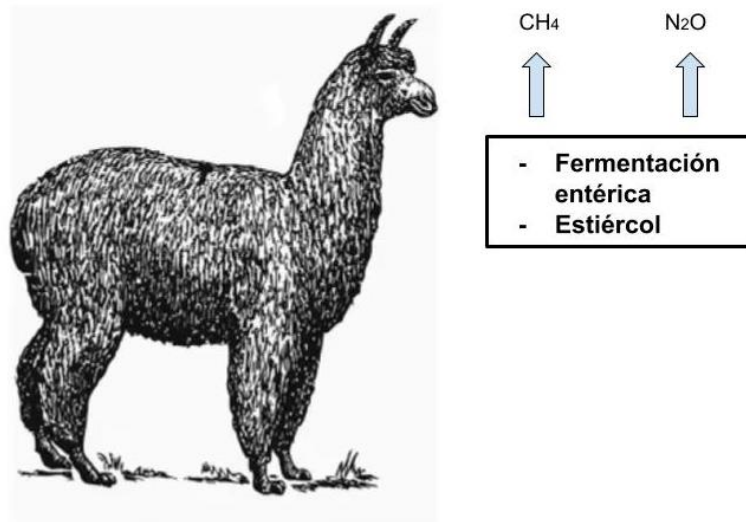
**Tabla 4: Objetivos del estudio**

<b>Requerimiento</b>	<b>Detalle</b>
Objetivo general del estudio:	Determinar la huella de carbono de 1 kg de top de fibra de alpaca
Tipo de estudio:	Estudio de ICV
Aplicaciones previstas:	Gestión ambiental
Razones que justifican la realización del estudio y contexto de la decisión:	Vacío de información respecto a la huella de carbono del ciclo de vida del producto
Destinatarios:	Interno
Alcance:	Alcance tipo 2
Revisión:	Revisión independiente externa del sector académico

#### 4.2. Realización del Inventario de emisiones de GEI

##### 4.2.1. Etapa formación de la fibra

Las emisiones al aire en la etapa de formación de la fibra son generadas por la fermentación entérica de las alpacas (emisiones de CH<sub>4</sub>) y de los sistemas de manejo del estiércol que estas producen (emisiones de metano, CH<sub>4</sub> y emisiones de óxido nitroso, N<sub>2</sub>O). Las emisiones de CO<sub>2</sub> del ganado no se estiman porque se supone que las emisiones netas anuales de CO<sub>2</sub> son nulas - el CO<sub>2</sub> fotosintetizado por las plantas se devuelve a la atmósfera como CO<sub>2</sub> respirado (Hongmin Dong, et al., 2006).



**Figura 11:** Emisiones generadas en la etapa de formación de la fibra

En los animales herbívoros, el proceso de la digestión en el que los hidratos de carbono se descomponen por la acción de microorganismos en moléculas simples, genera emisiones de  $\text{CH}_4$ . La cantidad de  $\text{CH}_4$  que se libera depende del tipo de tracto digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la calidad y la cantidad del alimento consumido (Hongmin Dong, et al., 2006).

La estructura intestinal de los rumiantes favorece una importante fermentación entérica de la dieta convirtiendo a estos animales en fuentes importantes de  $\text{CH}_4$ . Las alpacas son rumiantes por lo que se incluye en el análisis las emisiones de  $\text{CH}_4$  que estas generan.

Como se puede observar en la tabla 4 en la etapa de formación de la fibra ocurren únicamente emisiones GEI en campo. Las emisiones pueden ocurrir en campo o fuera de este producto de las actividades para producir suministros que se utilizan (S. G. Wiedemann et al., 2016).

**Tabla 5: Emisiones GEI durante la etapa de formación de la fibra**

Emisiones directas	
Uso de suelo	No
Fertilizantes nitrogenados	No
Residuos de cultivos	No

Fermentación entérica	<b>Sí</b>
Manejo del estiércol	<b>Sí</b>
<b>Emisiones indirectas</b>	
Fertilizantes	<b>No</b>
Cal	<b>No</b>
Pesticidas	<b>No</b>
Combustible diésel	<b>No</b>
Alimentos suplementarios	<b>No</b>
Sal/minerales	<b>No</b>
Electricidad	<b>No</b>

Elaboración propia tomando como referencia a *de Figueiredo et al., 2017* y *Wiedemann, Yan, Henry, & Murphy, 2016*.

En contraste, el estudio que analiza las emisiones y recursos necesarios para la obtención de lana cruda de oveja merino, “Uso de recursos y emisiones de gases de efecto invernadero de tres regiones productoras de lana en Australia” considera los aspectos ambientales de uso de electricidad, consumo de diésel, consumo de petróleo, uso de fertilizantes (superfostato y cal), uso de herbicidas y alimentos suplementarios (S. G. Wiedemann et al., 2016). A diferencia del sistema de crianza minifundista de las alpacas en los Andes peruanos, en Australia los sistemas de crianza de ganadería bovina son altamente tecnificados y estandarizados por lo que requieren más recursos para su funcionamiento.

#### **a) Emisiones por fermentación entérica**

El IPCC recopiló el dato que determina que en promedio una alpaca emite 8 kg de gas metano por año. Este dato fue medido directamente (Pinares-Patiño et al., 2003) utilizando la técnica del gas trazador hexafluoruro de azufre y fue recopilado por el IPCC como valor de referencia para las emisiones entéricas en alpacas, como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6: Factores de Emisión por Fermentación Entérica para el Método de Nivel 1 (kg CH<sub>4</sub>/(cabeza\*año))**

<b>Ganado</b>	<b>Países desarrollados</b>	<b>Países en desarrollo</b>	<b>Peso en pie</b>
Alpacas	8	8	65 kg

Todas las estimaciones tienen una incertidumbre de +30-50%.

Fuente: (IPCC, 2006a)

Ver tabla completa en el Anexo 4

### **b) Emisiones por manejo de estiércol**

Los sistemas de manejo del estiércol producen (emisiones de CH<sub>4</sub> y emisiones de NO<sub>2</sub>). El término «estiércol» incluye la bosta y la orina (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado. Dos gases GEI se generan a partir del manejo del estiércol:

#### **Emisiones de CH<sub>4</sub>**

Los principales factores que inciden en las emisiones de CH<sub>4</sub> son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróbicamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa como líquido (p. ej., en lagunas, estanques, tanques o pozos), se descompone anaeróbicamente y puede producir una cantidad significativa de CH<sub>4</sub>. La temperatura y el tiempo de retención de la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. Cuando el estiércol se maneja como sólido (p. ej., en parvas o pilas) o cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH<sub>4</sub> (Hongmin Dong, et al., 2006).

Existen factores de emisión para las emisiones de metano por manejo de estiércol, pero no hay un factor establecido en esta categoría para alpacas. Por esta razón se calcula un factor de emisión aproximado a partir del factor asignado a los ovinos, que también son rumiantes, indicado en la siguiente tabla:

**Tabla 7: Factores de Emisión de Metano de la Gestión del Estiércol por Temperatura para Ovinos, Caprinos, Camélidos, Equinos, Mulas Y Asnos, y Aves de Corral (kg CH<sub>4</sub>/(cabeza\*año))**

Ganado	Factor de emisión de CH <sub>4</sub> según la temperatura promedio anual (°C)		
	Fría (<15°C)	Templada (15 a 25°C)	Cálida (>25°C)
Ovinos			
Países desarrollados	0,19	0,19	0,19
Países en desarrollo	0,10	0,10	0,10

La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.

Fuente: (Hongmin Dong, et al. 2006)

Ver tabla completa en el anexo 4

El factor de emisión de metano para ovinos es de 0,10 kg CH<sub>4</sub> por cabeza por año considerando las condiciones de una región fría en un país en desarrollo. La región de Puno tiene una temperatura promedio anual inferior a 15°C (ver Anexo 11) y Perú es un país en desarrollo. Utilizando la ecuación 2 se calcula el factor de emisión de CH<sub>4</sub> por gestión del estiércol para alpacas, tomando como referente el factor para ovejas.

#### **Ecuación 6: Conversión del factor de emisión de CH<sub>4</sub>, ovejas a alpacas**

$$Factor\ de\ emisión = \left[ \frac{peso\ de\ la\ alpaca}{peso\ del\ ovino} \right]^{0.75} * factor\ de\ emisión\ de\ ovinos$$

(Ec. 2)

$$Factor\ de\ emisión = \left[ \frac{65\ kg}{30\ kg} \right]^{0.75} * 0,10\ kg\ \frac{CH_4}{cabeza * año} = 0,18\ kg\ \frac{CH_4}{cabeza * año}$$

#### **Emisiones de N<sub>2</sub>O**

Las emisiones directas de N<sub>2</sub>O se producen a través de la nitrificación y desnitrificación combinadas del nitrógeno contenido en el estiércol. La emisión de N<sub>2</sub>O del estiércol durante su almacenamiento y tratamiento depende de su contenido de nitrógeno y de carbono, así como de la duración del almacenamiento y del tipo de tratamiento. La nitrificación (oxidación del nitrógeno

amoniaco en nitrógeno nitrato) es un prerrequisito necesario para la emisión de  $N_2O$  del estiércol animal almacenado.

Las emisiones indirectas son el resultado de pérdidas de nitrógeno volátil que se producen fundamentalmente en forma de amoníaco y  $NO_x$ . La fracción de nitrógeno orgánico excretado que se mineraliza a nitrógeno amoniaco durante la recolección y el almacenamiento del estiércol dependen fundamentalmente del tiempo y, en menor grado, de la temperatura.

En el caso de las alpacas, el estiércol generado por estas es depositado en zonas al aire libre, “estercoleras”. En algunos casos el estiércol es removido por los criadores, pero en general se deja depositado en el suelo. La ecuación 3, extraída de las guías del IPCC, es aplicada para cuantificar las emisiones de  $N_2O$  de estiércol y orina depositados en tierras de pastoreo.

#### **Ecuación 7: Emisiones directas de $N_2O$ de suelos gestionados**

$$N_2O - N_{PRP} = F_{PRP} * EF_{1PRP} \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

- $N_2O - N_{PRP}$  = emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg  $N_2O-N$ /año
- $F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N/año
- $EF_{1PRP}$  = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg  $N_2O-N$ /(kg aporte de N).

La cantidad anual de N de la orina y el estiércol fue medida por Mamani Condori mediante análisis químicos del estiércol y la orina. La tabla 7 muestra el contenido de Nitrógeno (g/día) para una dieta de 4% de proteína.



**Tabla 8: Cantidad anual de Nitrógeno de la orina y el estiércol depositada por 1 alpaca en 1 año**

Variables	4% DE PROTEÍNA TOTAL EN LA DIETA	Cantidad anual (g/año)
Nitrógeno fecal, g/d	4,26	1554,9
Nitrógeno urinario, g/d	4,44	1620,6
Total		3175,5

Excreción de N en base a una dieta diaria de 4% de proteínas. Análisis realizados en alpacas hembra de 3 años de edad.

**Fuente:** (Mamani Condori, 2017)

**Tabla 9: Factores de Emisión por Defecto para Estimar las Emisiones Directas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados**

Factor de emisión	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF <sub>1</sub> para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N)-1]	0,01	0,003 - 0,03
<p>Fuentes:</p> <p>EF1: Bouwman <i>et al.</i> 2002a,b; Stehfest &amp; Bouwman, 2006; Novoa &amp; Tejeda, 2006 en prensa</p>		

**Fuente:** (IPCC, 2006b)

Ver tabla completa en el anexo 6

Reemplazando valores en la ecuación 03 se obtiene el Nitrógeno emitido a la atmósfera de manera directa por el manejo de estiércol.

$$N_2O - N_{PRP} = 3,1755 \text{ kg N/año} * 0,01 \text{ kg } N_2O - N / (\text{kg N})$$

$$N_2O - N_{PRP} = 0,032 \text{ kg } N_2O - N / \text{ año}$$

Para calcular las emisiones indirectas de  $N_2O$  de suelos gestionados se aplica la ecuación del IPCC, ecuación 4.

### Ecuación 8: Emisiones indirectas de $N_2O$ de suelos gestionados

$$N_2O_{(ATD)-N} = F_{PRP} * \text{Frac}_{GASM} * EF_4 \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

- $N_2O_{(ATD)-N}$  = cantidad anual de  $N_2O-N$  producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados,  $\text{kg } N_2O-N/\text{año}$
- $F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas,  $\text{kg N/año}$
- $\text{Frac}_{GASM}$  = fracción de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo ( $F_{PRP}$ ) que se volatiliza como  $NH_3$  y  $NO_x$ ,  $\text{kg N volatilizado}/(\text{kg de N aplicado o depositado})$ .
- $EF_4$  = factor de emisión correspondiente a las emisiones de  $N_2O$  de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua  $\text{kg N}-N_2O/(\text{kg } NH_3-N + NO_x-N \text{ volatilizado})$

**Tabla 10: Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de  $N_2O$  del suelo**

Factor	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
$EF_4$ [volatilización y re-deposición de N], $\text{kg } N_2O-N/(\text{kg } NH_3-N + NO_x-N \text{ volatilizado})$	0,010	0,002 - 0,05
$\text{Frac}_{GASM}$ [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], $(\text{kg } NH_3-N + NO_x-N)/(\text{kg N aplicado o depositado})$	0,20	0,05 - 0,5

**Fuente:** (IPCC, 2006b)

Ver tabla completa en el anexo 6

Remplazando valores de la aplaca en la ecuación 4:

$$N_2O_{(ATD)-N} = 3,1755 \text{ kg} \frac{N}{\text{año}} * 0,20 \text{ kg} \frac{N \text{ vola.}}{N \text{ apl.}} * 0,010 \text{ kg} \frac{N \text{ vola.-redep.}}{N \text{ apl.}}$$
$$N_2O_{(ATD)-N} = 0,006 \text{ kg } N_2O-N/\text{año}$$

La conversión de emisiones de  $N_2O-N$  en emisiones de  $N_2O$  se realiza empleando la ecuación 9:

**Ecuación 9: Conversión de emisiones totales a emisiones de  $N_2O$**

$$N_2O = N_2O-N \cdot 44/28 \quad (\text{Ec. 5})$$

$$N_2O = 0,006 \text{ kg } N_2O-N/\text{año} * 44/28 = 0,010 \text{ kg } N_2O-N/\text{año}$$

**c) Uso de agroquímicos**

Los pastizales de la Puna, que representan el 100% de la alimentación de las alpacas, no reciben agroquímicos de ningún tipo. Fertilizantes, pesticidas y cal no son aplicados al suelo de la Puna (Rolando et al., 2017). Por esta razón, el uso de maquinaria para aplicar agroquímicos tampoco es necesario.

**d) Alimentación**

Las alpacas se alimentan únicamente de pastizales de la Puna. Los criadores dirigen caminando a las alpacas según el estado de los pastizales cuya distribución en el terreno varía en calidad y cantidad. De acuerdo a información recolectada en DESCOSUR y en la Puna, los criadores no proveen a las alpacas de suplementos o alimentos adicionales excepto en caso de heladas. Cuando esto sucede los criadores alimentan a las alpacas con pastos extraídos de las partes bajas de su ubicación.

**e) Emisiones de GEI asociadas al uso de electricidad**

La región rural del departamento de Puno tiene acceso limitado a energía eléctrica. Los criadores esquilan a las alpacas con tijeras manuales. Un porcentaje reducido de alpacas (<1%) son esquiladas con rasuradoras eléctricas. Las alpacas pernoctan a la intemperie ubicándose estratégicamente en áreas de poca circulación de vientos. No hay instalaciones que requieran de energía eléctrica para iluminación u otros usos.

### f) Emisiones de GEI por combustión de combustibles fósiles

Respecto al uso de combustibles fósiles como fuente de energía, estos no son usados en ninguna actividad relacionada a la crianza de las alpacas.

### g) Uso del suelo

No se consideraron emisiones ni remociones de CO<sub>2</sub> del aire atribuidas al uso del suelo porque los pastizales en los que pastan las alpacas corresponden a la condición del IPCC “PASTIZAL QUE SIGUE SIENDO PASTIZAL”, condición que incluye pasturas gestionadas que siempre han tenido la vegetación de los pastizales y el uso de las tierras de pastura u otras categorías de tierras convertidas en pastizales hace más de 20 años. El método de análisis aplicado será el nivel 1. Este nivel de análisis asume que no hay cambios en la biomasa. En los pastizales donde no hay cambios en el tipo o intensidad de manejo, la biomasa estará en un estado estable aproximado (es decir, la acumulación de carbono a través del crecimiento de las plantas está aproximadamente balanceada por las pérdidas por el pastoreo, la descomposición y el fuego (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006). Por esta razón el pastoreo de las alpacas en la Puna no afecta el balance de carbono secuestrado en el suelo.

**Tabla 11: Supuestos para cambios en el almacenamiento de carbono por uso del suelo para el nivel 1**

Categoría de uso de la tierra	Sub-Categoría de uso de la tierra	Biomasa <sup>1</sup> o Turba <sup>3</sup>	Materia Orgánica seca <sup>2</sup>	Suelos	
				Mineral	Orgánico
Pastizal (TP)	TP permaneciendo como TP	0	0	Sí	Sí

Notas:  
 Sí = se dispone de hojas de trabajo para los métodos del Nivel 1.  
 0 = la suposición por defecto es que las emisiones son nulas o están en equilibrio; no se necesita una hoja de cálculo.  
 NA = no aplica  
 1 Incluye biomasa de superficie y subterránea, a menos que se especifique lo contrario.  
 2 Incluye madera muerta y residuos.  
 3 La turba es aplicable sólo a los humedales.  
 4 Incluye sólo la biomasa superficial; los cambios en la reserva de Carbono a partir de la biomasa subterránea son nulos.  
 5 Utilice la hoja de trabajo para las tierras de cultivo, si es necesario

Fuente: (Somogyi, Mangino, Ogle, Raison, & Verchot, 2006)

Ver tabla completa en el Anexo 2

#### 4.2.2. Etapa transporte

##### Carga transportada

El tipo de camión utilizado por la empresa que transporta la fibra cruda es el camión VOLVO F12 4X2 que de acuerdo a especificaciones del fabricante tiene un peso de 6855 kg. La carrocería es ensamblada en Arequipa y tiene un peso aproximado de 6000 kg, de acuerdo a especificaciones del fabricante. La carga de fibra cruda de alpaca tiene un peso promedio de 14950 kg (325 sacos con un peso de 46 kg cada uno), dato indicado por la fábrica de tops. La suma de los 3 valores da un peso de 27.81 t.

**Tabla 12: Valores para el cálculo de la carga transportada**

Peso de la fibra cruda transportada	14,95 t
Peso del camión	6,855 t
Peso de la carrocería	6,00 t
Peso Total:	27,81 t

##### Total de emisiones GEI como CO<sub>2</sub>eq

En la tabla 12 se muestran los resultados, arrojados por la aplicación EcoTransit, para emisiones de GEI como CO<sub>2</sub>eq para el transporte de la fibra cruda de alpaca. En el anexo 8 se muestra el informe completo descargado de la aplicación EcoTransit.

**Tabla 13: Emisiones (t CO<sub>2</sub>eq) del transporte de fibra, ruta Juliaca - Arequipa**

Etapa	t CO <sub>2</sub> eq
Emisiones del pozo al tanque	0,08
Emisiones del tanque a las llantas	0,36
Total	0,44

Las emisiones generadas desde la extracción del combustible hasta el uso de este para el transporte son de 0,44 t CO<sub>2</sub>eq. Las emisiones asociadas únicamente a la operación del vehículo de transporte son de 0,36 t CO<sub>2</sub>eq. 0,08 t CO<sub>2</sub>eq proviene de las fases anteriores a la combustión del diésel. Dado que el estudio general del Análisis del Ciclo de Vida del Top de fibra de alpaca tiene un enfoque Tipo 2 solo se consideran las emisiones “Tanque a las Llantas”.

#### 4.2.3. Etapa procesamiento de la fibra

Los siguientes aspectos ambientales fueron identificados como fuentes de GEI:

- Consumo de electricidad
- Combustión de gas natural

Dado que toda actividad dentro de la planta está relacionada al procesamiento de la fibra en top, las emisiones fueron asignadas al peso total de tops de fibra de alpaca transformados en el mismo lapso de tiempo en que se registró el consumo de electricidad y gas natural.

##### a) Consumo de energía eléctrica

La “Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. – EGASA” suministra de energía eléctrica a la Fábrica de Tops. EGASA tiene 2 tipos de centrales generadoras de energía eléctrica: centrales térmicas e hidroeléctricas.

##### Centrales hidroeléctricas

La ciudad de Arequipa es abastecida con electricidad generada únicamente por centrales hidroeléctricas (EGASA), estas son: Charcani I, II, III, IV, V y VI. De la generación hidráulica total instalada, equivalente a 175,82 MW, el 83% corresponde a Charcani V, que es la principal central de generación de la empresa.

**Tabla 14: Centrales hidroeléctricas de EGASA**

CENTRALES	Ubicación		
	Ciudad	Provincia	Departamento
<b>SEIS (6) CENTRALES HIDROELÉCTRICAS</b>			
Charcani I, II, III, IV, V y VI	Arequipa (Márgenes del Río Chili)	Arequipa	Arequipa
<b>TRES (03) CENTRALES TÉRMICAS</b>			
Chilina	Arequipa	Arequipa	Arequipa
Mollendo	Mollendo	Islay	Arequipa
Pisco	Pisco (distrito de Independencia)	Pisco	Ica

**Fuente:** Memoria Institucional EGASA, 2016

- **Central Hidroeléctrica Charcani V:** Tiene tres (03) unidades de generación (turbinas Pelton) con una potencia instalada de 145,35 MW y una potencia efectiva de 144,62 MW para un caudal regulado de 24,9 m<sup>3</sup>/s.
- **Central Hidroeléctrica Charcani IV:** Tiene dos (02) unidades de generación (turbinas Francis) con una potencia instalada de 14,4 MW para un caudal regulado de 15,0 m<sup>3</sup>/s.
- **Central Hidroeléctrica Charcani VI:** Tiene una (01) unidad de generación (turbina Francis) con una potencia instalada de 8,96 MW y una potencia efectiva de 8,95 MW para un caudal regulado de 15,0 m<sup>3</sup>/s.
- **Central Hidroeléctrica Charcani III:** Tiene dos (02) unidades de generación (turbina Francis) con una potencia instalada de 4.56 MW y una potencia efectiva de 4,58 MW para un caudal regulado de 10 m<sup>3</sup>/s.
- **Central Hidroeléctrica Charcani I:** Tiene dos (02) unidades de generación (turbinas Francis), una potencia instalada de 1,76 MW y una potencia efectiva de 1.73 MW para un caudal regulado de 7,6 m<sup>3</sup>/s.
- **Central Hidroeléctrica Charcani II:** Tiene tres (03) unidades de generación (turbinas Francis) con una potencia instalada de 0,79 MW y una potencia efectiva de 0,60 MW para un caudal regulado de 6 m<sup>3</sup>/s.

## Emisiones GEI de la energía eléctrica utilizada en planta

En Perú, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del año 2012, no considera a la generación de energía hidroeléctrica como una fuente de emisión de GEI. La energía hidroeléctrica es considerada por el inventario como “Recurso Energético Renovable”, no incluido en la categoría “Industrias de la energía: Incluye las emisiones de GEI por la quema de combustible para actividades como: refinación de petróleo, generación de energía eléctrica y obtención de combustibles sólidos (carbón vegetal, briquetas y otros)”. En relación a los estudios que evalúan las emisiones de GEI de las centrales hidroeléctricas durante la construcción, operación y mantenimiento, y el desmantelamiento, estos muestran que la mayoría de las estimaciones de emisiones de GEI del ciclo de vida de las centrales hidroeléctricas se sitúan entre 4 y 14 g de CO<sub>2</sub>eq/kWh, pero en ciertos escenarios existe el potencial de emitir cantidades mucho mayores de GEI, tal como lo muestran valores atípicos. Estadísticamente, el IPCC determinó un valor de emisión de 4 g CO<sub>2</sub>eq para cada kWh de electricidad generado en una central hidroeléctrica.

**Tabla 15: Resultados globales de la revisión de la literatura de ACV para las emisiones de GEI de generación de energía hidroeléctrica (gCO<sub>2</sub>eq/kWh).**

Valores	Energía hidroeléctrica
Mínimo	0
Percentil 25	3
Percentil 50	4
percentil 75	7
Máximo	43

Fuente: Anexo II: Metodología. Reporte Especial (Burgherr et al., 2011)

Ver tabla completa en el anexo 9

El valor 4 g CO<sub>2</sub>eq por de Emisión de CO<sub>2</sub>eq por kWh de electricidad generada mostrado en la tabla 15 es el asumido para las emisiones en las hidroeléctricas Charcani I, II, III, IV, V y VI.



## b) Combustión de gas natural

**Tabla 16: Características del gas natural**

Gas natural	
Composición	90% metano
Fórmula química	CH <sub>4</sub>
Gravedad específica	0,60
Poder calorífico	9200 kcal/Sm <sup>3</sup> (**)
Presión de suministro	21 mbar
Estado físico	Gaseoso sin límite de compresión Líquido a -160°C y a presión Atmosférica
Color/olor	Incoloro/Inodoro

(\*)Corresponde a características predominantes del gas natural

(\*\*)Kcal/m<sup>3</sup>: Kilocalorías por m<sup>3</sup> = 4,18684 x 10<sup>3</sup> J/m<sup>3</sup>

FUENTE: Osinergmin

### Consumo de gas natural

Gas natural por kg de top de fibra de alpaca producido, TJ/kg top

$$0,42 \frac{\text{Sm}^3}{\text{kg top}} * 9200 \frac{\text{kcal}}{\text{Sm}^3} * 4.1858 * 10^{-9} \frac{\text{TJ}}{\text{kcal}} = 1,62 * 10^{-5} \text{ TJ/kg top}$$

### 4.3. Determinación del potencial de calentamiento global de las emisiones GEI por kg de top de fibra de alpaca

#### 4.3.1. Fermentación entérica

Emisiones de CH<sub>4</sub>

$$\frac{8 \text{ kg CH}_4}{2,8 \text{ kg de fibra cruda}} * \frac{1 \text{ kg fibra cruda}}{0,89 \text{ kg top}} = 3,21 \text{ kg} \frac{\text{CH}_4}{\text{kg top}}$$

#### Emisiones de CO<sub>2</sub>eq

$$\text{kg} \frac{\text{CH}_4}{\text{kg top}} * \frac{28 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg CH}_4} = 89,89 \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg top}}$$

En promedio una alpaca Huacaya produce 2,8 kg de fibra por año y es esquilada desde el primer año de vida. El porcentaje de rendimiento de la fibra cruda convertida en top es del 89%. Esto significa que con 1 kg de fibra cruda se obtiene 0,89 kg de top. La emisión de 8 kg de metano por alpaca por año se

multiplica por el rendimiento para obtener la cantidad de emisiones en función a la unidad funcional 1 kg de top de top.

#### 4.3.2. Manejo de estiércol

##### Emisiones de CH<sub>4</sub>

$$\frac{0,18 \text{ kg CH}_4}{2,8 \text{ kg de fibra cruda}} * \frac{1 \text{ kg fibra cruda}}{0,89 \text{ kg top}} = 0,07 \text{ kg } \frac{\text{CH}_4}{\text{kg top}}$$

##### Emisiones de CO<sub>2</sub>eq

$$0,07 \text{ kg } \frac{\text{CH}_4}{\text{kg top}} * \frac{28 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg CH}_4} = 2,02 \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg top}}$$

##### Emisiones directas de N<sub>2</sub>O

$$\frac{0,032 \text{ kg N}_2\text{O}}{2,8 \text{ kg de fibra cruda}} * \frac{1 \text{ kg fibra cruda}}{0,89 \text{ kg top}} = 0,01 \text{ kg } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{kg top}}$$

##### Emisiones de CO<sub>2</sub>eq

$$0,01 \text{ kg } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{kg top}} * \frac{265 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg N}_2\text{O}} = 2,65 \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg top}}$$

##### Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O

$$\frac{0,010 \text{ kg N}_2\text{O}}{2,8 \text{ kg de fibra cruda}} * \frac{1 \text{ kg fibra cruda}}{0,89 \text{ kg top}} = 0,004 \text{ kg } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{kg top}}$$

##### Emisiones de CO<sub>2</sub>eq

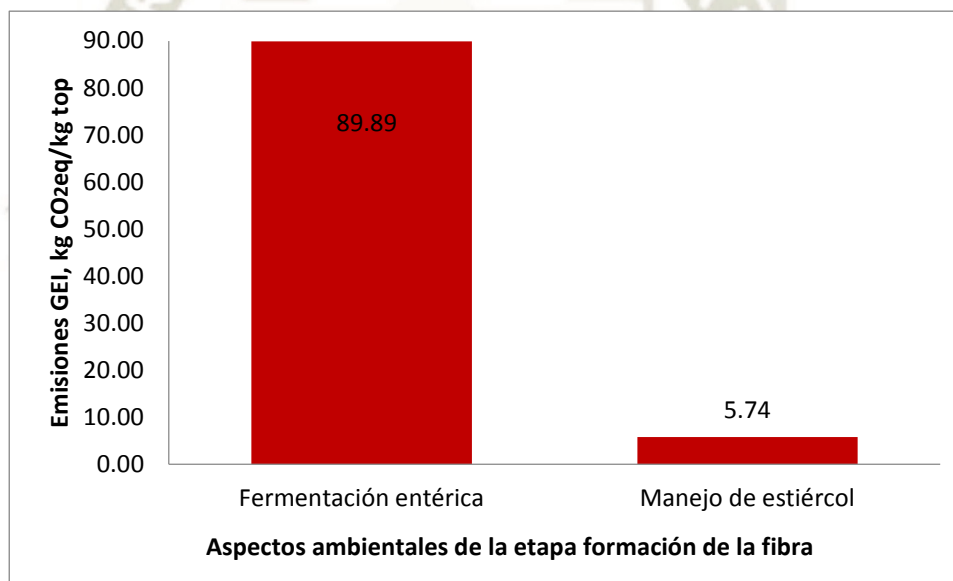
$$0,004 \text{ kg } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{kg top}} * \frac{265 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg N}_2\text{O}} = 1,06 \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg top}}$$

La mayor cantidad de emisiones GEI en el aspecto ambiental Manejo de Estiércol provienen de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O (2,65 kg CO<sub>2</sub>eq por kg de top) seguido de las emisiones directas de CH<sub>4</sub> (2,02 kg CO<sub>2</sub>eq por kg de top). Si bien la cantidad emitida de CH<sub>4</sub> (0,07 kg) es mayor que la de N<sub>2</sub>O (0,01 kg) el valor de

potencial de calentamiento global del  $N_2O$  es 9 veces mayor que el del  $CH_4$ , razón por la cual la contribución del  $N_2O$  es mayor.

**Tabla 17: Emisiones de los aspectos ambientales de la etapa “Formación de la Fibra”,  $CO_2eq$**

	Fermentación entérica	Manejo de estiércol
Emisiones de $N_2O$ en kg de $CO_2eq$	-	3,71
Emisiones de $CH_4$ en kg de $CO_2eq$	89,89	2,02
Total	89,89	5,73



**Figura 12:** Emisiones GEI generadas durante la etapa de formación de la fibra

Como se observa en la Figura 12 la fermentación entérica es el aspecto ambiental que más emisiones GEI genera durante la etapa “Formación de la Fibra”, el gas metano ( $CH_4$ ) es el único GEI emitido por fermentación entérica.

El cálculo de la medición de la huella de carbono de 1 kg de lana grasa de oveja Merino fue estimado en 24,85 kg  $CO_2eq$  (Brock, Graham, Madden, & Alcock, 2013). La diferencia respecto a la alpaca es que el estudio considera una producción de 13,22 kg de fibra por oveja por año, un valor 4,7 veces mayor que

la de una alpaca (2,8 kg de fibra por alpaca por año). Al ser las emisiones entéricas en ambos casos la principal fuente de GEI (86% en el estudio de fibra de oveja Merino y 94% en la presente investigación) la variación en la producción animal de fibra influye en la proporción de GEI emitidos por cantidad de fibra. Para poder establecer comparaciones entre las emisiones de ambos tipos de fibra es necesario conocer, además de la huella de carbono en CO<sub>2</sub>eq, el rendimiento de cada fibra.

#### 4.3.3. Transporte

En promedio, en cada viaje se transportan 14950 kg de fibra cruda. Utilizando la herramienta EcoTransit se calculó que cada viaje emite 4000 kg de CO<sub>2</sub>eq.

Transporte Juliaca – Arequipa

$$\frac{360 \text{ kgCO}_2\text{eq}}{14950 \text{ kg de fibra cruda}} * \frac{1 \text{ kg fibra cruda}}{0,7 \text{ kg top}} = 0,034 \text{ CO}_2\text{eq/kg top}$$

Las emisiones calculadas corresponden al trayecto Juliaca – Arequipa mas no al trayecto Arequipa – Juliaca. El transporte lo realizan empresas prestadoras de servicio que no retornan con el camión vacío a Juliaca para cargar la fibra cruda (factor de viaje vacío 0%). Por esta razón, las emisiones del trayecto de retorno no se distribuyen entre la fibra cruda transportada.

#### 4.3.4. Consumo de energía eléctrica

$$\frac{2,1 \text{ kWh}}{1 \text{ kg top}} * 0,004 \text{ (kg CO}_2\text{eq)/kWh} \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kWh}} = 0,0084 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg top}$$

#### 4.3.5. Combustión de gas natural

El gas natural se utiliza en la fábrica para calentar el agua en la operación de lavado en planta. Por ser un combustible fósil su uso es una fuente directa de emisión de GEI. En la tabla 18 se muestran los factores de emisión para gas natural de acuerdo a la proporción de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O contenidos.

**Tabla 18: Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias manufactureras y de la construcción (kg de gases de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)**

Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O		
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior
Gas natural	56100	54300	58300	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

r Indica un factor de emisión que se revisó a partir de las *Directrices del IPCC de 1996*

**Fuente:** (Gómez et al., 2006)

Ver tabla completa en el Anexo 9

- Emisiones de CO<sub>2</sub>

$$1,62 * 10^{-5} \text{ TJ} * 56100 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} = 0,91 \text{ kg CO}_2$$

- Emisiones de CH<sub>4</sub>

$$1,62 * 10^{-5} \text{ TJ} * 1 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{TJ}} = 1,62 * 10^{-5} \text{ kg CH}_4$$

- Emisiones de N<sub>2</sub>O

$$1,62 * 10^{-5} \text{ TJ} * 0,1 \frac{\text{kg N}_2\text{O}}{\text{TJ}} = 1,62 * 10^{-6} \text{ kg N}_2\text{O}$$

### Emisiones de CO<sub>2</sub>eq

$$0,91 \text{ kg CO}_2 * \frac{1 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg CO}_2} = 0,91 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$1,62 * 10^{-5} \text{ kg CH}_4 * \frac{28 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg CH}_4} = 4,53 * 10^{-4} \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

$$1,62 * 10^{-6} \text{ kg N}_2\text{O} * \frac{265 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{1 \text{ kg N}_2\text{O}} = 4,14 * 10^{-4} \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

**Tabla 19: Contribución por tipo de GEI de la combustión de Gas Natural**

Gas GEI	kg CO <sub>2</sub> eq
CO <sub>2</sub>	0,91
CH <sub>4</sub>	0,000453
N <sub>2</sub> O	0,000414
<b>Total</b>	<b>0,911</b>

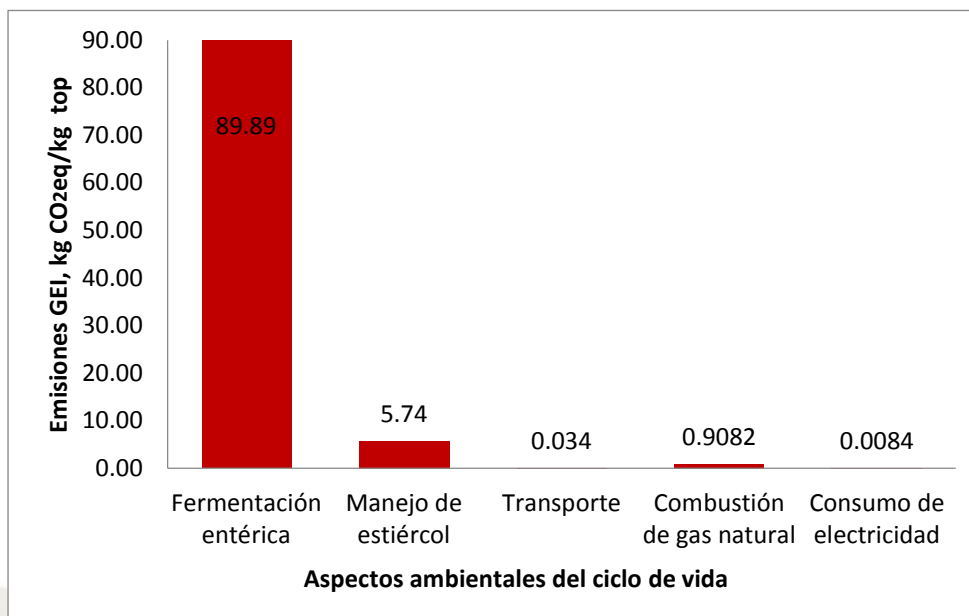
La energía obtenida producto de la combustión del gas equivale a 4,5 kWh. ( $1,62 * 10^{-5}$  TJ = 4,50 kWh). Si se utilizara energía eléctrica en lugar de Gas Natural las emisiones serían:

$$\frac{4,50 \text{ kWh}}{1 \text{ kg top}} * 0,004 \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kWh}} = 0,018 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg top}$$

Por lo tanto, si se cambiara la matriz de Gas Natural por energía eléctrica las emisiones de CO<sub>2</sub>eq serían 50 veces menores. (780,0 g CO<sub>2</sub>eq usando Gas Natural y 15,44 g CO<sub>2</sub>eq usando energía eléctrica). Sin embargo, la factibilidad del cambio de matriz energética debe ser evaluada técnicamente.

**Tabla 20: Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>eq/kg top) por aspecto ambiental**

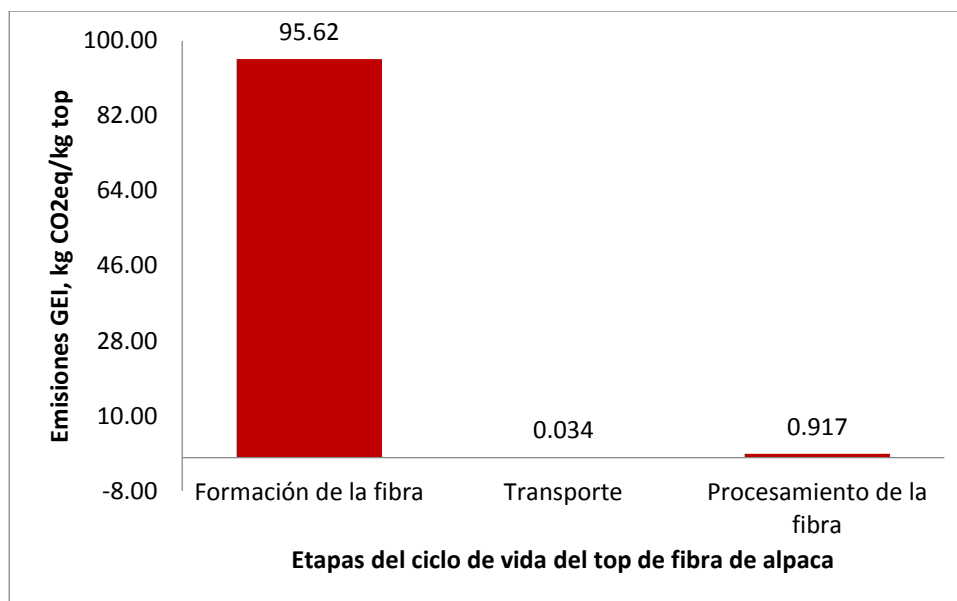
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Emisiones GEI, kg CO<sub>2</sub>eq * kg top</b>
Transporte	0,034
<b>Subtotal</b>	0,034
Fermentación entérica	89,89
Manejo de estiércol	5,74
<b>Subtotal</b>	95,63
Combustión de gas natural	0,910
Uso de electricidad	0,008
<b>Subtotal</b>	0,92
<b>Total</b>	<b>96,58</b>



**F**  
**Figura 13:** Emisiones GEI (CO<sub>2</sub>eq) por aspecto ambiental

Como se puede ver en la figura 13, el aspecto ambiental que genera más cantidad de gases GEI es la Fermentación Entérica de las alpacas. El CH<sub>4</sub> es el único gas relacionado a este aspecto. Porcentualmente, la fermentación entérica contribuye con el 93,08% de las emisiones totales del Ciclo de Vida del top de fibra de alpaca. En el estudio “Huella de carbono y huella hídrica azul de la producción de ovejas en California” también el metano entérico fue siempre la principal fuente de emisiones en todos los estudios de caso, representando, en promedio, 72,3% de las emisiones (Dougherty et al., 2019). En el anexo 4 de la presente investigación están los factores de emisión de caprinos y camélidos, mamíferos que también producen fibras textiles. Un caprino, categoría dentro de la cual está la cabra Cachemira que produce la fibra del mismo nombre, emite 5 kg de CH<sub>4</sub> al año producto de la fermentación entérica mientras que un camello emite 46 kg de CH<sub>4</sub> también por fermentación entérica. El segundo aspecto que más GEI emite es el manejo de estiércol. Cabe resaltar que ambos aspectos son parte de la etapa Formación de la Fibra. El aspecto ambiental que menos GEI emite es el uso de electricidad, esto se debe a que la matriz energética es hidroeléctrica que según (Moomaw, T., F. Yamba, M. Kamimoto, L. Maurice, J. Nyboer, K. Urama, 2011) puede ser una fuente de energía neutral con 0 kg CO<sub>2</sub>/kWh.





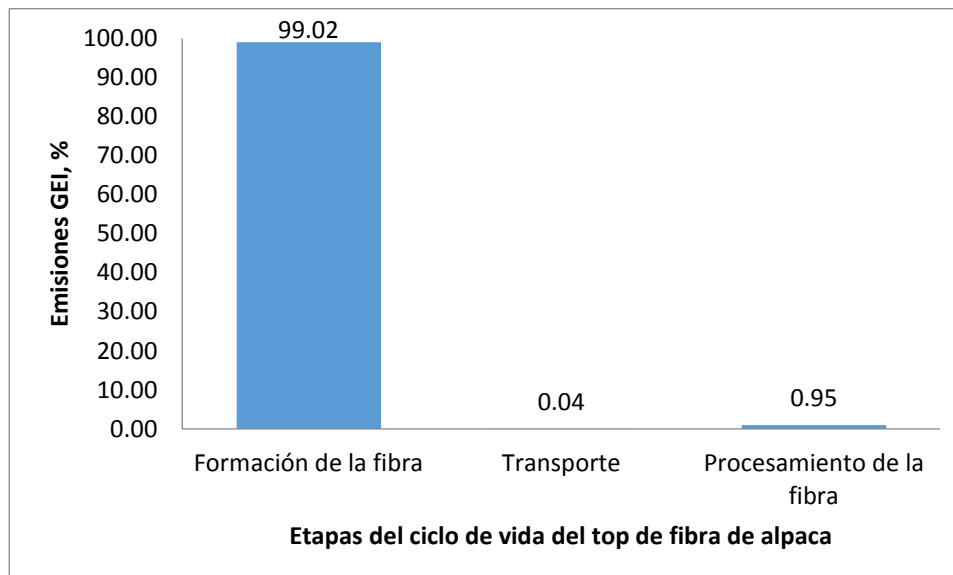
**Figura 14:** Emisiones GEI (CO<sub>2</sub>eq) por etapa

La figura 14 ilustra que la etapa “Formación de la Fibra” es la que más contribuye con emisiones GEI al ambiente. Esta etapa ocurre en la Puna y las funciones biológicas del animal son la causa de las emisiones.

La huella de carbono de 1 kg de top de fibra alpaca es de 96,58 kg de CO<sub>2</sub>.

La etapa Procesamiento de la Fibra es la que contribuye con menos emisiones al total de la huella, 0,92 kg CO<sub>2</sub>eq. Este valor está por debajo del estimado por (Moreira Cardoso, 2013) que estimaron las emisiones de la transformación de fibra cruda de oveja en top en una planta en 1,48 kg CO<sub>2</sub>eq. El trabajo de investigación “Cuantificación del impacto ambiental y sostenibilidad ecológica para fibras textiles” (Muthu et al., 2012) comparó las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de 1 kg de diferentes fibras textiles. Producir 1 kg de viscosa emite 9 kg de CO<sub>2</sub> descontando 3,5 kg de CO<sub>2</sub> por crédito a la biomasa (la viscosa es celulosa tratada químicamente). Este valor está por debajo de la huella de 96,58 kg de CO<sub>2</sub>eq sin embargo no se puede hacer una comparación propiamente dicha ya que la calidad, valor económico y uso posterior de ambas fibras es diferente. El estudio antes mencionado (Muthu et al., 2012) indica 2,8 kg de CO<sub>2</sub> emitidos para la producción de 1kg de poliéster y 2,5 kg de CO<sub>2</sub> emitidos para la producción de 1 kg de algodón orgánico. Ambos valores son menores a las

emisiones de 1 kg top de alpaca, sin embargo no es posible establecer comparaciones por las mismas razones expuestas en relación a la viscosa.



**Figura 15:** Porcentaje de contribución de Emisiones GEI ( $CO_2eq$ ) por etapa

Del total de emisiones generadas durante el ciclo de vida del top de fibra de alpaca, el 99,02 % ocurren en la etapa formación de la fibra, 0,04 % durante la etapa transporte y 0,95 % durante el procesamiento de la fibra en planta. La etapa Formación de la fibra genera el subproducto carne. La huella de esta etapa podría disminuir si se aplicara un método de distribución de emisiones, práctica común en los Análisis del Ciclo de Vida que consiste en distribuir las emisiones en subproductos de un proceso. En el caso de la alpaca la carne de esta podría asumir un porcentaje de las emisiones, como en algunos casos se aplica a la producción de lana y carne de oveja (Stephen G. Wiedemann et al., 2015).

## CONCLUSIONES

### PRIMERA

Los límites del ciclo de vida del producto del top de fibra de alpaca son el inicio de la cadena de valor de la fibra enmarcado en la etapa “Formación de la fibra” y el procesamiento de la fibra enmarcado en la etapa “Procesamiento en planta”. El contexto en que se determinó realizar la investigación fue una fábrica de tops ubicada la ciudad de Arequipa que procesa fibra producida en el departamento de Puno. Los alcances determinados fueron que la unidad funcional aplicable para el análisis sea 1 kg de top de fibra y que el potencial de calentamiento global, a través de la huella de carbono (kg CO<sub>2</sub>eq) sea la categoría de impacto ambiental a analizar.

### SEGUNDA

En la etapa “Formación de la fibra” se emiten los GEI CH<sub>4</sub> (8,18 kg) y N<sub>2</sub>O (procedentes de los aspectos ambientales Fermentación Entérica y Manejo de Estiércol). En la etapa “Transporte” la herramienta web Econtransit® calcula los GEI en CO<sub>2</sub>eq directamente provenientes de la combustión de diésel. En la etapa “Procesamiento de la Fibra” se emiten los GEI CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> provenientes del consumo de energía eléctrica y la combustión de Gas Natural.

### TERCERA

Producir 1 kg de top de fibra de alpaca tiene una huella de carbono de 96,57 kg CO<sub>2</sub>eq siendo la etapa con mayor generación de emisiones GEI la de “Formación de la fibra” con 95,62 kg CO<sub>2</sub>eq (99% del total de emisiones del ciclo del producto) seguido de la etapa “Procesamiento de la fibra” con una contribución de 0,92 kg CO<sub>2</sub>eq y la etapa “Transporte” con 0,034 kg CO<sub>2</sub>eq.

El análisis de los resultados permite afirmar que los objetivos de la investigación fueron logrados.



## RECOMENDACIONES

- 1 Elaborar el Ecoperfil para productos posteriores en la cadena de valor de la fibra de alpaca, tales como prendas de vestir, para introducir la información de la huella de carbono en la toma de decisión de la compra de la prenda.
- 2 Trabajar en el mejoramiento genético de las alpacas para que tengan una mayor producción de fibra y así las emisiones en la etapa Formación de la Fibra se distribuyan en una cantidad mayor de materia prima.
- 3 Utilizar un factor de emisión empírico para el aspecto ambiental Fermentación Entérica con una alimentación basada en pastos naturales altoandinos.
- 4 Aplicar un método de distribución de emisiones en la etapa “Formación de la Fibra” para distribuir la Huella de Carbono en subproductos como la carne de alpaca y así reducir la Huella de Carbono de la fibra de alpaca.
- 5 Incluir indicadores ambientales adicionales en el Análisis del Ciclo de Vida del top de fibra de alpaca como por ejemplo la Huella Hídrica. De esta manera se ampliaría la información acerca de la sostenibilidad de 1 kg de top de fibra de alpaca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barber, A., & Pellow, G. (2006). LCA: New Zealand Merino Wool Total Energy Use. *5th Australian Life Cycle Assessment Society (ALCAS) Conference*.
- Britannica, T. E. of E. (2019). Greenhouse effect. Retrieved from ATMOSPHERIC SCIENCE website: <https://www.britannica.com/science/greenhouse-effect>
- Brock, P. M., Graham, P., Madden, P., & Alcock, D. J. (2013). *Greenhouse gas emissions profile for 1 kg of wool produced in the Yass Region , New South Wales : A Life Cycle Assessment approach Greenhouse gas emissions profile for 1 kg of wool produced in the Yass Region , New South Wales : A Life Cycle Assessment* . (March). <https://doi.org/10.1071/AN12208>
- Burgherr, P., Heath, G., Lenzen, M., Nyboer, J., Verbruggen, A., Sokona, Y., ... Kingdom, U. (2011). *Table of Contents*.
- de Figueiredo, E. B., Jayasundara, S., de Oliveira Bordonal, R., Berchielli, T. T., Reis, R. A., Wagner-Riddle, C., & La Scala, N. (2017). Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, *142*(2017), 420–431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>
- Dougherty, H. C., Oltjen, J. W., Mitloehner, F. M., Depeters, E. J., Pettey, L. A., Macon, D., ... Kebreab, E. (2019). Carbon and blue water footprints of California sheep production. *Journal of Animal Science*, *97*(2), 945–961. <https://doi.org/10.1093/jas/sky442>
- EcoTransIT World Initiative. (2016). Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports: Methodology and Data Update. *EcoTransIT World Initiative (EWI)*, (3), 106.
- ENDESA. (2017). *Informe 2017 Huella de Carbono Cambio climático, el mayor desafío del siglo XXI*.
- Europese Commissie. (2013). Recommendations on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. *Official Journal of the European Union*, *56*(4 mei 2013), 210.
- Gestión, Y. L. A., Riesgo, D. E. L., & Implicancias, R. E. (n.d.). *Nota técnica*.
- GHG Protocol. (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. *Septiembre 2011*, 1–148. Retrieved from [http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard-EReader\\_041613.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard-EReader_041613.pdf)
- Gómez, D. R., Watterson, J. D., Americano, B. B., Ha, C., Marland, G., Matsika,

- E., ... Treanton, K. (2006). Combustión estacionaria. *Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 1–47. Retrieved from [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf%5Cnhttp://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf%5Cnhttp://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html)
- Hongmin Dong, Joe Mangino, and Tim A. McAllister, Jerry L. Hatfield (USA), Donald E. Johnson, Keith R. Lassey, Magda Aparecida de Lima, and Anna Romanovskaya, Deborah Bartram, Darryl Gibb, and John H. Martin, J. (2006). *CHAPTER 10 EMISSIONS FROM LIVESTOCK AND MANURE MANAGEMENT Contributing Authors*. 4. Retrieved from [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)
- ILCD Handbook. (2010). , *Joint Research General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra*. <https://doi.org/10.2788/38479>
- INDECOPI, C. de N. y de F. de B. C. no A. *NTP-ISO 14044 2013*. , Pub. L. No. 14044–2013, 1 (2013).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). AFOLU (6) Grassland. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 4, 6.1-6.49. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05320.x>
- IPCC. (2006a). Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra Autores colaboradores. *Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 4, 1–91. Retrieved from [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)
- IPCC. (2006b). *Emisiones De N<sub>2</sub>O De Los Suelos Gestionados Y Emisiones De Co<sub>2</sub> Derivadas De La Aplicación De*. 4, 1–56.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón Moreno, E., ... Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL.
- Mamani Condori, K. E. (2017). *DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO ENDÓGENO TOTAL: METABÓLICO FECAL, URINARIO Y DÉRMICO EN ALPACAS (Vicugna pacos) HEMBRAS DE TRES AÑOS DE EDAD (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO)*. Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5146/Condori\\_Mamani\\_Kathy\\_Evans.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5146/Condori_Mamani_Kathy_Evans.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- McGregor, B. A. (2018). Physical, chemical, and tensile properties of cashmere, mohair, alpaca, and other rare animal fibers. In *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101272-7.00004-3>

- MINAGRI. (2017). Perú es el mayor productor de fibra de alpaca en el mundo. Retrieved from (Lima, 04 de agosto de 2017).- El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), a través de la Dirección General de Ganadería (DGGA), anunció que el Perú es el mayor productor de fibra de alpaca en el mundo y concentra la mayor población de este camélido, website: <http://minagri.gob.pe/portal/noticias-antecedentes/notas-2017/19720-peru-es-el-mayor-productor-de-fibra-de-alpaca-en-el-mundo>
- Moomaw, T., F. Yamba, M. Kamimoto, L. Maurice, J. Nyboer, K. Urama, T. W. (2011). *Introduction. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C.von Stechow (eds)]. Retrieved from <https://www.cambridge.org/core>
- Moreira Cardoso, A. A. (2013). *LIFE CYCLE ASSESSMENT OF TWO TEXTILE PRODUCTS WOOL AND COTTON*. UNIVERIDADE DO PORTO.
- Muthu, S. S. (2014). Ways of measuring the environmental impact of textile processing: an overview. *Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain*, 32–56. <https://doi.org/10.1533/9781782421122.32>
- Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., & Mok, P. Y. (2012). Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres. *Ecological Indicators*, 13(1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.008>
- Palamutcu, S. (2015a). Carbon footprints in the textile industry. In *Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100169-1.00002-2>
- Palamutcu, S. (2015b). Energy footprints in the textile industry. *Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing*, 31–61. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100169-1.00002-2>
- Peters, Greg; Granberg Hjalmar; Sweet, S. (2010). The role of science and technology in sustainable fashion. In M. Fletscher, K; Tham (Ed.), *The Handbook of Sustainable Fashion* (Vol. 57, p. 3). <https://doi.org/10.1021/cen-v057n027.p003>
- Pinares-Patiño, C. S., Ulyatt, M. J., Waghorn, G. C., Lassey, K. R., Barry, T. N., Holmes, C. W., & Johnson, D. E. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. *Journal of Agricultural Science*, 140(2), 215–226. <https://doi.org/10.1017/S002185960300306X>
- Rolando, J. L., Turin, C., Ramírez, D. A., Mares, V., Moneris, J., & Quiroz, R. (2017). Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236, 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.010>
- Romero, C. (2005). *A Multi-scale Approach for Erosion Assessment in the Andes*. Wageningen University, The Netherlands.
- Simpson, B. B. (1983). An historical phytogeography of the high Andean flora.

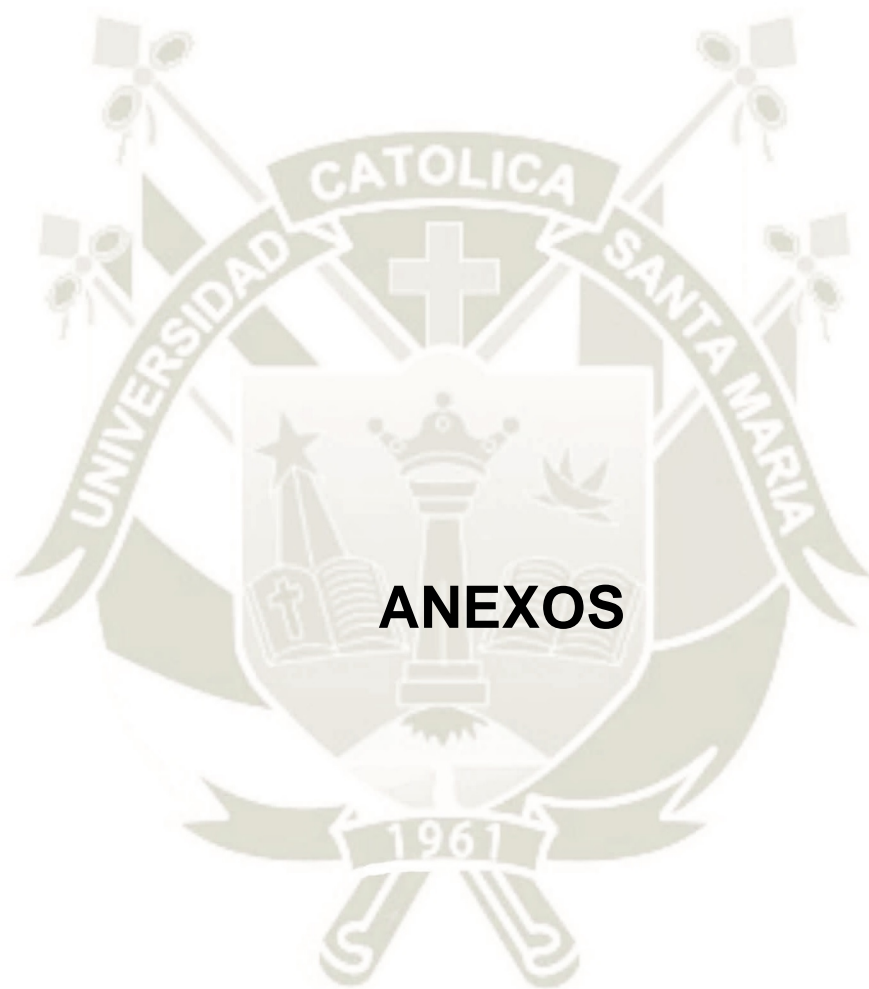


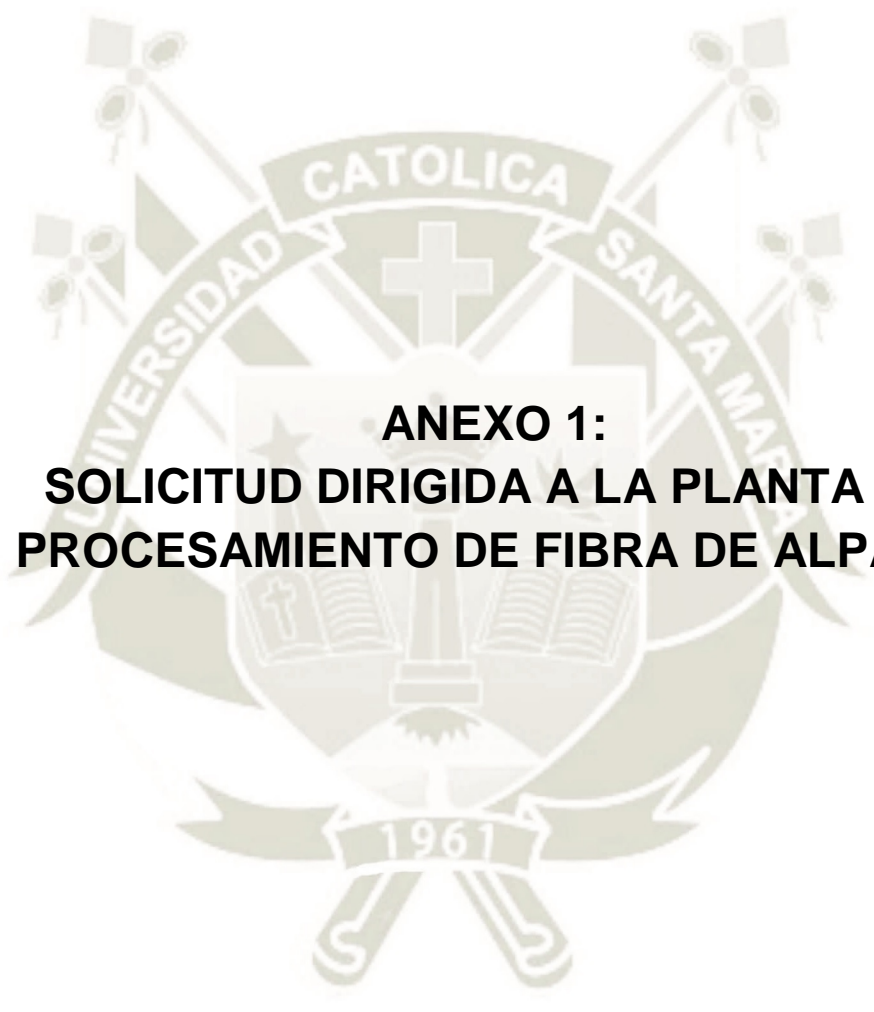
*Revista Chilena de Historia Natural*, 56, 109–122.

- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., ... Miller, H. L. (2007). *Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the IPCC*.
- Somogyi, Z., Mangino, J., Ogle, S., Raison, J., & Verchot, L. (2006). IPCC Annex 1. Worksheets. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*, 4(Annex 1), 1–64. Retrieved from [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_13\\_An1\\_Worksheets.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_13_An1_Worksheets.pdf)
- Srivastav, A. (2019). *The Science and Impact of Climate Change*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0809-3>
- Team, C.W.; Pachauri, R.; Reisinger, A. (2007). A contribution of working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change; IPCC; Geneva, Switzerland. In *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007)*.
- United States Environmental Protection Agency. (2019). Greenhouse Gas Emissions. Retrieved June 5, 2019, from <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#CH4-reference>
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. *Bcr*, 1, 59. Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/1745.pdf>
- Vink, E. T. H., Rábago, K. R., Glassner, D. A., & Gruber, P. R. (2003). Applications of life cycle assessment to NatureWorks™ polylactide (PLA) production. *Polymer Degradation and Stability*, 80(3), 403–419. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(02\)00372-5](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(02)00372-5)
- Wang, C., Wang, L., Liu, X., Du, C., Ding, D., & Jia, J. (2015). Carbon footprint of textile throughout its life cycle : a case study of Chinese cotton shirts. *Journal of Cleaner Production*, 108, 464–475. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.127>
- Weisser, D. (2007). A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. *Energy*, 32(9), 1543–1559. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.01.008>
- Wiedemann, S. G., Yan, M. J., Henry, B. K., & Murphy, C. M. (2016). Resource use and greenhouse gas emissions from three wool production regions in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 122, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.025>
- Wiedemann, Stephen G., Ledgard, S. F., Henry, B. K., Yan, M. J., Mao, N., & Russell, S. J. (2015). Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), 463–476. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0849-z>
- Wilcox, B. P., Wilcox, B. P., Bryant, F. C., Wester, D., & Allen, B. L. (1986). GRASSLAND COMMUNITIES AND SOILS ON A HIGH ELEVATION


- GRASSLAND OF CENTRAL PERU. *Phytologia.*, 61, 231–250. Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/part/176134>
- Young, K. R. (2009). ANDEAN LAND USE AND BIODIVERSITY: HUMANIZED LANDSCAPES IN A TIME OF CHANGE. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96, 492–507.
- Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing*, 31–61.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100169-1.00002-2>
- Peters, Greg; Granberg Hjalmar; Sweet, S. (2010). The role of science and technology in sustainable fashion. In M. Fletscher, K; Tham (Ed.), *The Handbook of Sustainable Fashion* (Vol. 57, p. 3). <https://doi.org/10.1021/cen-v057n027.p003>
- Pinares-Patiño, C. S., Ulyatt, M. J., Waghorn, G. C., Lassey, K. R., Barry, T. N., Holmes, C. W., & Johnson, D. E. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. *Journal of Agricultural Science*, 140(2), 215–226.  
<https://doi.org/10.1017/S002185960300306X>
- Quaschnig, V. (2019). Renewable Energy and Climate Change, 2nd Edition. In *Renewable Energy and Climate Change, 2nd Edition*.  
<https://doi.org/10.1002/9781119514909>
- Rolando, J. L., Turin, C., Ramírez, D. A., Mares, V., Moneris, J., & Quiroz, R. (2017). Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236, 221–233.  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.010>
- Romero, C. (2005). *A Multi-scale Approach for Erosion Assessment in the Andes*. Wageningen University, The Netherlands.
- Simpson, B. B. (1983). An historical phytogeography of the high Andean flora. *Revista Chilena de Historia Natural*, 56, 109–122.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., ... Miller, H. L. (2007). *Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the IPCC*.
- Somogyi, Z., Mangino, J., Ogle, S., Raison, J., & Verchot, L. (2006). IPCC Annex 1. Worksheets. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*, 4(Annex 1), 1–64. Retrieved from [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_13\\_An1\\_Worksheets.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_13_An1_Worksheets.pdf)
- Srivastav, A. (2019). *The Science and Impact of Climate Change*.  
<https://doi.org/10.1007/978-981-13-0809-3>
- Team, C.W.; Pachauri, R.; Reisinger, A. (2007). A contribution of working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change; IPCC; Geneva, Switzer Land. In *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007)*.

- United States Environmental Protection Agency. (2019). Greenhouse Gas Emissions. Retrieved June 5, 2019, from <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#CH4-reference>
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. *Bcr*, 1, 59. Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/1745.pdf>
- Vink, E. T. H., Rábago, K. R., Glassner, D. A., & Gruber, P. R. (2003). Applications of life cycle assessment to NatureWorks™ polylactide (PLA) production. *Polymer Degradation and Stability*, 80(3), 403–419. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(02\)00372-5](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(02)00372-5)
- Wang, C., Wang, L., Liu, X., Du, C., Ding, D., & Jia, J. (2015). Carbon footprint of textile throughout its life cycle : a case study of Chinese cotton shirts. *Journal of Cleaner Production*, 108, 464–475. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.127>
- Weisser, D. (2007). A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. *Energy*, 32(9), 1543–1559. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.01.008>
- Wiedemann, S. G., Yan, M. J., Henry, B. K., & Murphy, C. M. (2016). Resource use and greenhouse gas emissions from three wool production regions in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 122, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.025>
- Wiedemann, Stephen G., Ledgard, S. F., Henry, B. K., Yan, M. J., Mao, N., & Russell, S. J. (2015). Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), 463–476. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0849-z>
- Wilcox, B. P., Wilcox, B. P., Bryant, F. C., Wester, D., & Allen, B. L. (1986). GRASSLAND COMMUNITIES AND SOILS ON A HIGH ELEVATION GRASSLAND OF CENTRAL PERU. *Phytologia.*, 61, 231–250. Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/part/176134>
- Young, K. R. (2009). ANDEAN LAND USE AND BIODIVERSITY: HUMANIZED LANDSCAPES IN A TIME OF CHANGE. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96, 492–507.

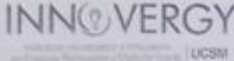




**ANEXO 1:  
SOLICITUD DIRIGIDA A LA PLANTA DE  
PROCESAMIENTO DE FIBRA DE ALPACA**



DE INVESTIGACION



INNOVERGY  
INSTITUTO DE INVESTIGACION E INNOVACION  
EN ENERGIAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE | UCSM

**“IN SCIENTIA ET FIDE EST FORTITUDO NOSTRA”**  
En la ciencia y en la fe esta nuestra fortaleza

Arequipa: 16 de Abril del 2019.

**CARTA N° 37 – 2019 – INNOVERGY**

Sr. [Redacted]

16 ABR 2019

Presente.-

**ASUNTO:** Solicitud de información para la elaboración de tesis del proyecto Fisebralpac con contrato 15-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV.

De mi mayor consideración. - [Redacted]

Tengo el agrado de dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo e indicarle que venimos desarrollando, con su empresa [Redacted] y la Universidad Católica de Santa María en conjunto, uno de nuestros proyectos con financiamiento de Cienciactiva sobre el tema: Desarrollo tecnológico de un sistema de separación, clasificación y categorización de fibra de alpaca (Suri y Huaraya) con contrato 15-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV; y como parte de ello es el desarrollo de una tesis que se viene planificando con el tema de: *“Ecoperfil del top de fibra de alpaca en base a un estudio del inventario del ciclo de vida producto en la región de Arequipa”*, por lo que requerimos de información actualizada para realizar la cuantificación de la huella ecológica, esta fase se encuentra detallada en la Etapa III del proceso de la elaboración del Ecoperfil del top, la cual detallamos:

Etapa I	Formación de la fibra (huella ecológica de las alpacas en el campo)
Etapa II	Transporte (huella ecológica del transporte de la fibra hasta la puerta de la planta de procesamiento)
Etapa III	Transformación de la fibra (Huella ecológica de las operaciones dentro de la planta de procesamiento)

La información requerida se detalla a continuación:

- Información disponible de la cantidad y fuente(s) de energía utilizada para producir 1 kg de top de fibra de alpaca.
- Emisiones directas generadas para producir 1 kg de top de fibra de alpaca.
- Cantidad total neta del agua utilizada para producir 1 kg de top de fibra de alpaca.
- Generación y tipología de los residuos sólidos generados en el proceso.

*Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables y Medio Ambiente*  
 Pabellón 7 - 409 | ☎ +51 972713747 | ✉ info@innovergyinvestigacion.edu.pe  
 VBO | Universidad Católica de Santa María



DE INVESTIGACIÓN

INNOVERGY

Instituto de Investigación e Innovación  
en Energías Renovables y Medio Ambiente | UCSM

\*Notas:

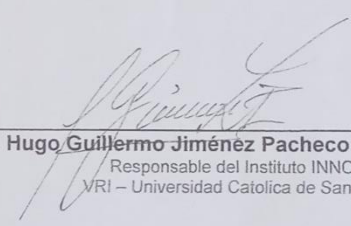
- Si la información que solicitamos estuviera en formato de balance de materia y energía por procesos y/o operaciones el nivel de detalle del ecoperfil final será más preciso.
- El ecoperfil del top es la base para el análisis del Ciclo de Vida de productos derivados como prendas de vestir.

Debo remarcar que la información solicitada será utilizada únicamente con fines académicos, compartiendo los documentos generados con su empresa; con la respectiva promoción de la fibra de alpaca como una fibra sostenible. Nosotros consideramos que esta información es de carácter importante y por lo tanto nos encontramos con total disponibilidad para declarar cualquier documento de confidencialidad de datos según disponga.

Y en la respectiva tesis y proyecto de investigación, se hará mención en la sección de agradecimientos a su empresa [REDACTED] por el apoyo académico solicitado.

Agradeciendo la atención al presente, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi estima personal.

Atentamente,

  
Ing. Hugo Guillermo Jiménez Pacheco Ph. D.  
Responsable del Instituto INNOVERGY  
VRI – Universidad Católica de Santa María

*Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables y Medio Ambiente*  
Pabellón F-409 | ☎ +51 972713747 | ✉ vrinv-innovery@ucsm.edu.pe  
VRI – Universidad Católica de Santa María



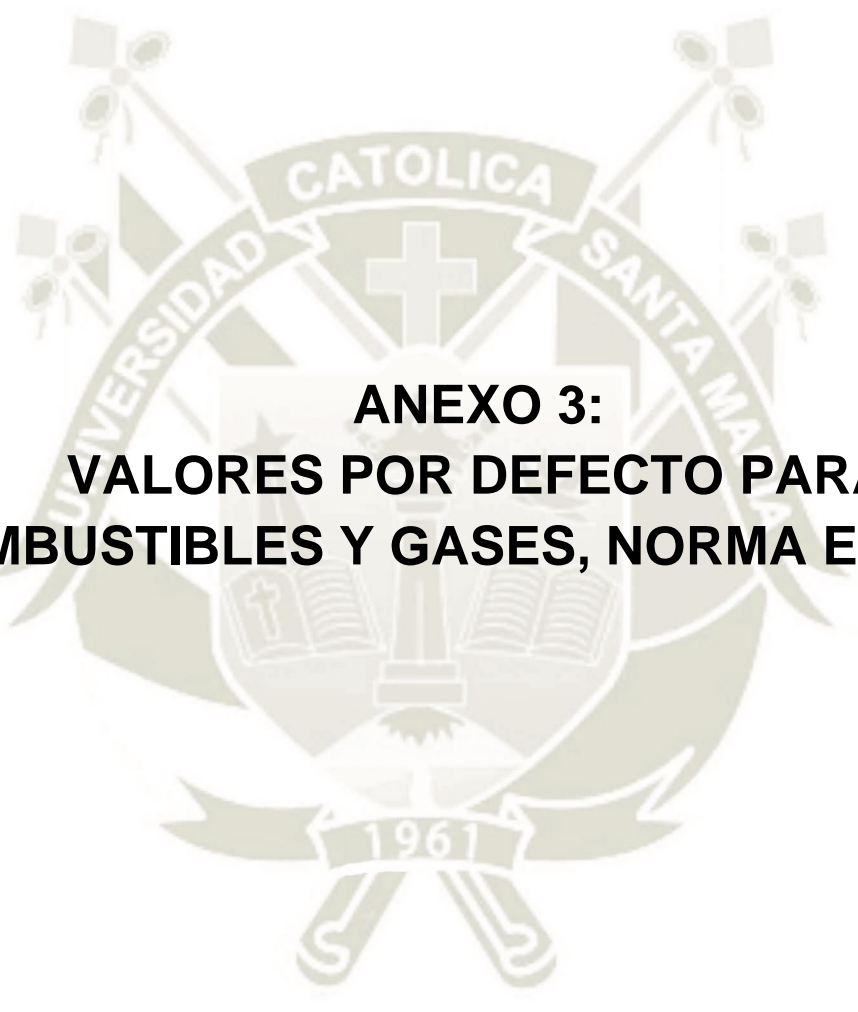
## ANEXO 2: EMISIONES POR USO DE SUELO



Nivel 1: Hojas de trabajo y supuestos para para cambios en el almacenamiento de carbono por uso del suelo para el nivel 1					
Categoría de uso de la tierra	Sub-Categoría de uso de la tierra	Biomasa <sup>1</sup> o Turba <sup>3</sup>	Materia Orgánica seca <sup>2</sup>	Suelos	
				Mineral	Orgánico
Tierras forestales (TF)	TF permaneciendo como TF	Sí	0	0	Sí
	Tierra convertida a TF	Sí	Sí	Sí	Sí
Tierra de cultivo (TC)	TC permaneciendo como TC	Sí	0	Sí	Sí
	Tierra convertida a TC	Sí	Sí	Sí	Sí
Pastizal (TP)	TP permaneciendo como TP	0	0	Sí	Sí
	Tierra convertida a TP	Sí	Sí	Sí	Sí
Humedal (TH)	TH permaneciendo como TH	Sí	NA	NA	NA
	Tierra convertida a TH	Sí	Sí <sup>5</sup>	NA	NA
Asentamiento (TA)	TA permaneciendo como TA	0	0	0	Sí
	Tierra convertida a TA	Sí <sup>4</sup>	Sí	Sí	Sí
Otra Tierra (OT)	OT permaneciendo como OT	NA	NA	NA	NA
	Tierra convertida a OT	Sí	NA	Sí	Sí

Notas:  
 Sí = se dispone de hojas de trabajo para los métodos del Nivel 1.  
 0 = la suposición por defecto es que las emisiones son nulas o están en equilibrio; no se necesita una hoja de cálculo.  
 NA = no aplica  
 1 Incluye biomasa de superficie y subterránea, a menos que se especifique lo contrario.  
 2 Incluye madera muerta y residuos.  
 3 La turba es aplicable sólo a los humedales.  
 4 Incluye sólo la biomasa superficial; los cambios en la reserva de Carbono a partir de la biomasa subterránea son nulos.  
 5 Utilice la hoja de trabajo para las tierras de cultivo, si es necesario

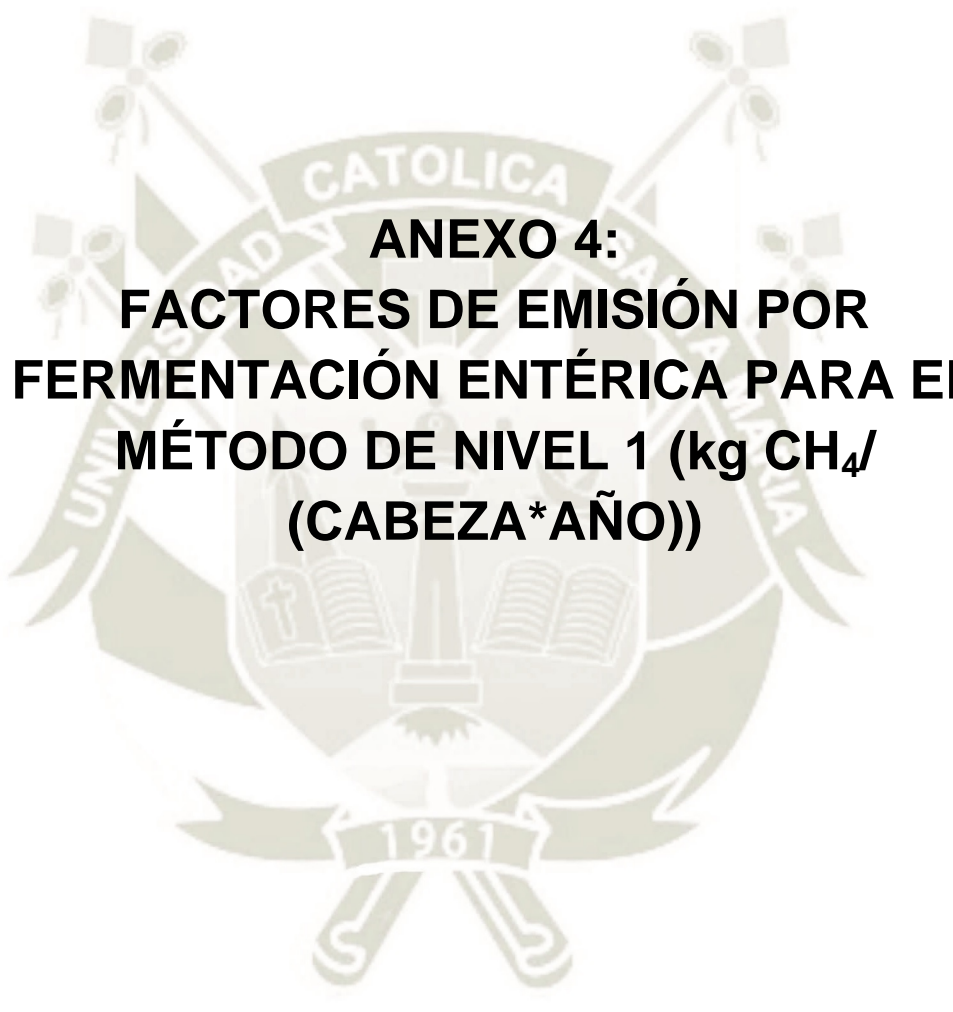
Fuente: (Somogyi et al., 2006)



**ANEXO 3:  
VALORES POR DEFECTO PARA  
COMBUSTIBLES Y GASES, NORMA EN 16258**

Descripción del tipo de combustible	Densidad (d) kg/L	Factor de energía MJ/kg		CO2e-factor KgCO2e/kg	
		TTW	WTW	TTW	WTW
Gasolina	0.745	43.2	50.5	3.25	3.86
Etanol	0.794	26.8	65.7	0.08	1.56
Diesel	0.832	43.1	51.3	3.21	3.9
Biodiesel	0.890	36.8	76.9	0.08	2.16
Gas licuado de petróleo (GLP)	0.550	46.0	51.5	3.10	3.46
Gas natural comprimido	X	45.1	50.5	2.68	3.07
AvGas	0.800	44.3	51.8	3.13	3.76
Jet B	0.800	44.3	51.8	3.13	3.76
Jet A1 y Jet A	0.800	44.1	52.5	3.18	3.88
Fuelóleo	0.970	40.5	44.1	3.15	3.41
Diésel marino	0.900	43.0	51.2	3.24	3.92
Gasoil Marino	0.890	43.0	51.2	3.24	3.92
Gas natural licuado (GNL)*	X	45.1	56.2	2.68	3.62

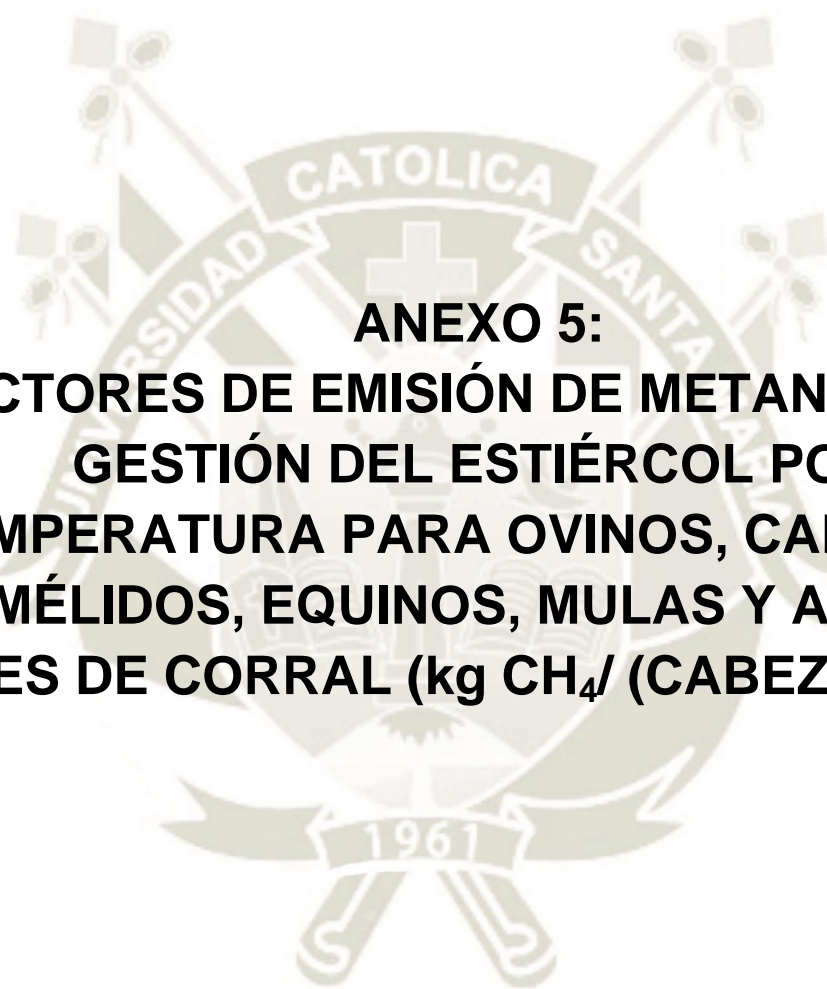
\*La norma EN16258 no contiene valores por defecto para gas natural licuado (GNL). Para Eco TransIT, valores similares con el enfoque TTW para Gas Natural Comprimido (GNC) son asumidos (ambos combustibles contienen principalmente metano). Los valores para el enfoque WTT están basados en ifeu/ INFRAS / LBST 2015. Los valores son más altos que para GNC debido a una mayor intensidad energética, especialmente para licuefacción.



**ANEXO 4:  
FACTORES DE EMISIÓN POR  
FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA EL  
MÉTODO DE NIVEL 1 (kg CH<sub>4</sub>/  
(CABEZA\*AÑO))**

<b>FACTORES DE EMISIÓN POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA EL MÉTODO DE NIVEL 1 (kg CH<sub>4</sub>/(CABEZA*AÑO))</b>			
<b>Ganado</b>	<b>Países desarrollados</b>	<b>Países en desarrollo</b>	<b>Peso en pie</b>
Búfalo	55	55	300 kg
Ovinos	8	5	65 kg – países desarrollados; 45 kg – países en desarrollo;
Caprino	5	5	40 kg
Camélidos	46	46	570 kg
Equinos	18	18	550 kg
Mulas y asnos	10	10	245 kg
Ciervos	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Porcinos	1,5	1,0	
Aves de corral	Datos insuficientes para el cálculo	Datos insuficientes para el cálculo	
Otros (p. ej., llamas)	A determinar 1	A determinar 1	

Todas las estimaciones llevan una incertidumbre de ±30-50%.  
Fuentes: Factores de emisión para búfalos y camélidos de Gibbs y Johnson (1993). Factores de emisión para otros tipos de ganado Crutzen et al., (1986), Alpacas de Pinares-Patino et al., 2003; Ciervos de Clark et al., 2003.  
1 Un método para el desarrollo de factores de emisión aproximados es usar el factor de emisión de Nivel 1 Los valores de peso en pie se incluyeron con este propósito. Los factores de emisión deben derivarse sobre la base de las características del ganado y de los alimentos de interés, y no deben restringirse únicamente a las características de la región.

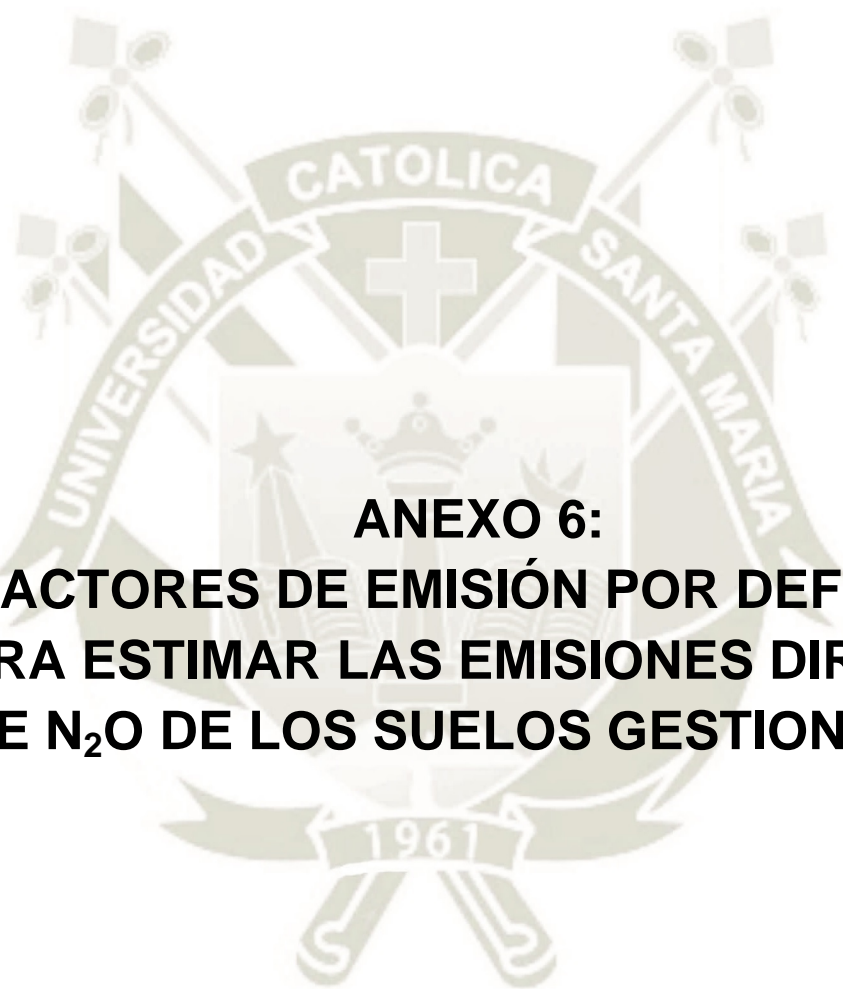


**ANEXO 5:  
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO DE LA  
GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR  
TEMPERATURA PARA OVINOS, CAPRINOS,  
CAMÉLIDOS, EQUINOS, MULAS Y ASNOS, Y  
AVES DE CORRAL (kg CH<sub>4</sub>/ (CABEZA\*AÑO))**

Ganado	Factor de emisión de CH <sub>4</sub> según la temperatura promedio anual (°C)		
	Fría (<15°C)	Templada (15 a 25°C)	Cálida (>25°C)
Ovinos			
Países desarrollados	0,19	0,19	0,19
Países en desarrollo	0,10	0,10	0,10
Caprinos			
Países desarrollados	0,13	0,13	0,13
Países en desarrollo	0,11	0,11	0,11
Camélidos			
Países desarrollados	1,58	1,58	1,58
Países en desarrollo	1,28	1,28	1,28
Equinos			
Países desarrollados	1,56	1,56	1,56
Países en desarrollo	1,09	1,09	1,09
Mulas y asnos			
Países desarrollados	0,76	0,76	0,76
Países en desarrollo	0,60	0,60	0,60
Aves de corral			
Países desarrollados			
Ponedoras (seco)	0,03	0,03	0,03
Ponedoras (húmedo)	1,2	1,2	1,2
Parrilleros	0,02	0,02	0,02
Pavos	0,09	0,09	0,09
Patos	0,02	0,02	0,02
Países en desarrollo	0,01	0,01	0,01

La incertidumbre de estos factores de emisión es de  $\pm 30\%$ .

Factores de emisión desarrollados a partir de: valores de la ingesta alimentaria y digestibilidad de alimentos utilizados para desarrollar factores de emisión por fermentación entérica. Se supone que todo el estiércol, a excepción del de ponedoras (húmedo), se maneja con sistemas en seco.

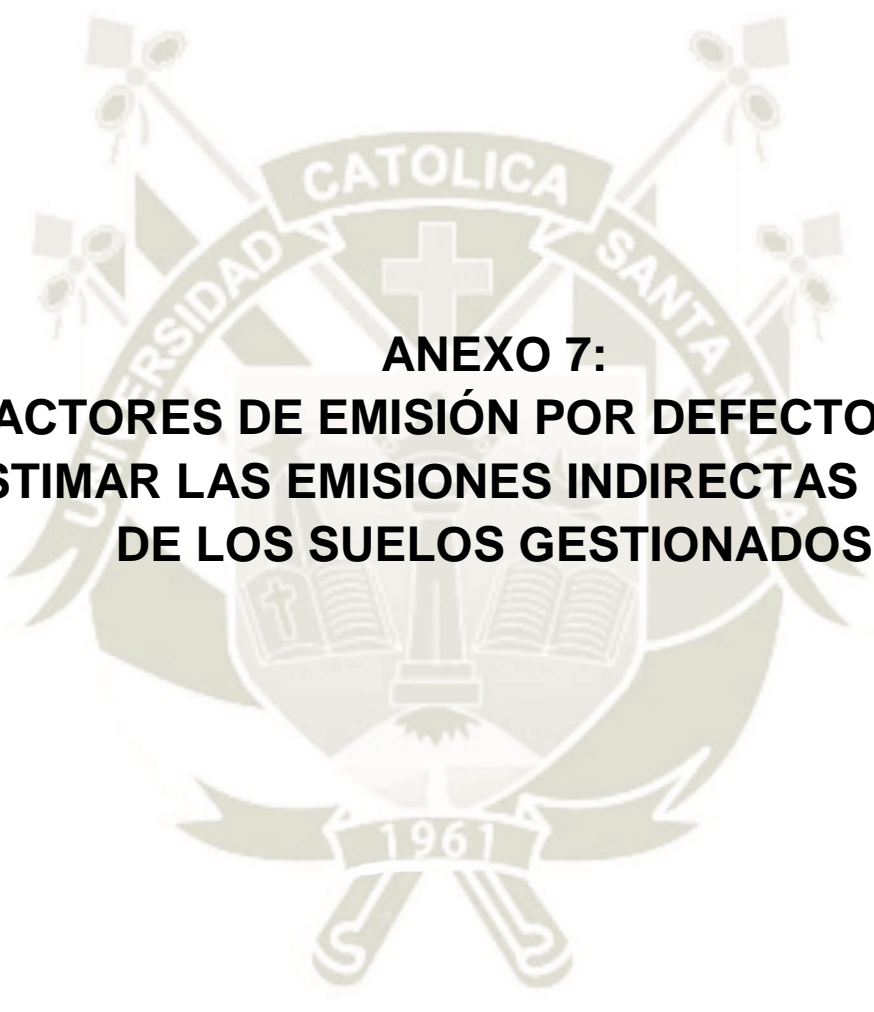


**ANEXO 6:  
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO  
PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DIRECTAS  
DE N<sub>2</sub>O DE LOS SUELOS GESTIONADOS**



<b>CUADRO 11.1 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE LOS SUELOS GESTIONADOS</b>		
<b>Factor de emisión</b>	<b>Valor por defecto</b>	<b>Rango de incertidumbre</b>
EF <sub>1</sub> para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,01	0,003 - 0,03
EF <sub>1FR</sub> para arrozales inundados [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,003	0,000 - 0,006
EF <sub>2CG, Temp</sub> para suelos orgánicos templados de cultivo y con pastizales (kg N <sub>2</sub> O-N há <sup>-1</sup> )	8	2 - 24
EF <sub>2CG, Trop</sub> para suelos orgánicos tropicales de cultivo y pastizales (kg N <sub>2</sub> O-N há <sup>-1</sup> )	16	5 - 48
EF <sub>2F, Temp, Org, R</sub> para suelos forestales templados y boreales ricos en nutrientes orgánicos (kg N <sub>2</sub> O-N há <sup>-1</sup> )	0,6	0,16 - 2,4
EF <sub>2F, Temp, Org, P</sub> para suelos forestales templados y boreales pobres en nutrientes orgánicos (kg N <sub>2</sub> O-N há <sup>-1</sup> )	0,1	0,02 - 0,3
EF <sub>2F, Trop</sub> para suelos forestales orgánicos tropicales (kg N <sub>2</sub> O-N há <sup>-1</sup> )	8	0 - 24
EF <sub>3PRP, CPP</sub> para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,02	0,007 - 0,06
EF <sub>3PRP, SO</sub> para ovinos y «otros animales» [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,01	0,003 - 0,03
Fuentes: EF <sub>1</sub> : Bouwman <i>et al.</i> 2002a,b; Stehfest & Bouwman, 2006; Novoa & Tejeda, 2006 en prensa; EF <sub>1FR</sub> : Akiyama <i>et al.</i> , 2005; EF <sub>2CG, Temp</sub> , EF <sub>2CG, Trop</sub> , EF <sub>2F, Trop</sub> : Klemedtsson <i>et al.</i> , 1999, IPCC Good Practice Guidance, 2000; EF <sub>2F, Temp</sub> : Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996; Klemedtsson <i>et al.</i> , 2002; EF <sub>3, CPP</sub> , EF <sub>3, SO</sub> : de Klein, 2004.		

Fuente: (IPCC, 2006b)



**ANEXO 7:  
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA  
ESTIMAR LAS EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O  
DE LOS SUELOS GESTIONADOS**

**CUADRO 11.3 FACTORES DE EMISIÓN, VOLATILIZACIÓN Y LIXIVIACIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DEL SUELO**

Factor	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF4 [volatilización y re-deposición de N], kg N <sub>2</sub> O–N (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N volatilizado)-1 19	0,010	0,002 - 0,05
EF5 [lixiviación/escorrimento], kg N <sub>2</sub> O–N (kg N lixiviación/escorrimento) -1 20	0,0075	0,0005 - 0,025
FracGASF [Volatilización de fertilizante sintético], (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N) (kg N aplicado) –1	0,10	0,03 - 0,3
FracGASM [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N) (kg N aplicado o depositado) –1	0,20	0,05 - 0,5
FracLIXIVIACIÓN-(H) [pérdidas de N por lixiviación/escorrimento en regiones donde Σ(luvia en la estación lluviosa) - Σ (EP en el mismo período) > capacidad de retención del agua del suelo, O donde se emplea irrigación (excepto por goteo)], kg N (kg N agregado o por deposición de animales en pastoreo)-1	0,30	0,1 - 0,8

Nota: El término FracLIXIVIACIÓN usado precedentemente se ha modificado de manera que, ahora, sólo se aplique a regiones donde se excede la capacidad de retención de agua del suelo debido a precipitaciones y/o a irrigación (excepto por goteo), y a lixiviación/escorrimento, cambiándose su designación a FracLIXIVIACIÓN-(H). En la referida definición de FracLIXIVIACIÓN-(H), EP significa evaporación potencial, y la(s) estación(es) lluviosa(s) pueden considerarse como aquellas en las que las precipitaciones > 0,5 \* evaporación en tina. (Las explicaciones de evaporación potencial y en tina pueden encontrarse en textos estándar de meteorología y agricultura). Para las demás regiones el valor por defecto de FRACLIXIVIACIÓN se considera cero.

Fuente: (IPCC, 2006b)



**ANEXO 8:  
INFORME DE LAS EMISIONES EN LA ETAPA  
TRANSPORTE**



Page 1/9

## EcoTransIT World

EcoTransIT World (Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports) calculates the environmental impacts for any freight transport service. EcoTransIT World provides energy consumption and GHG Emissions for trucks, trains, ships and airplanes in accordance with the European standard EN 16258:2012. Additionally carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and the most important air pollutants (nitrogen oxide, non-methane hydrocarbons, sulfur dioxide and particulates) can be calculated with EcoTransIT World. Below you will find all information about your transport service selected and data sources used as well as the results of your calculation.]

### General Information

**Creation Date:** 18.08.2019  
**Origin:** -15.4996879 / -70.12965299999996  
**Destination:** -16.418660628612272 / -71.51792622227191  
**Cargo weight:** 27.81 ton (t/TEU: 10)

### Detailed description of the calculated transport services

#### Transport service JUL-AQP - 274.37 km

**Origin:** -15.4996879 / -70.12965299999996  
 Truck (44-60 t,diesel,EURO 5,LF: 57.9%,ETF: 0%) - 274.37 km  
**Destination:** -16.418660628612272 / -71.51792622227191

© EcoTransIT World  
 Website & information: <http://www.ecotransit.org>  
 Methodology: <http://www.ecotransit.org/basis.en.html>

Creation Date: 18.08.2019  
 This information is supplied without liability





**Energy consumption and greenhouse gases (GHG) in accordance with EN 16258**

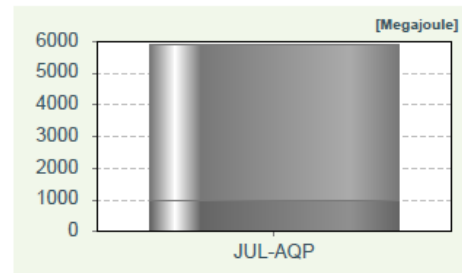
**Energy consumption**

WTW [Megajoule]

	JUL-AQP
Truck	5,884
<b>Sum</b>	<b>5,884</b>

TTW [Megajoule]

	JUL-AQP
Truck	4,906
<b>Sum</b>	<b>4,906</b>



Truck:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

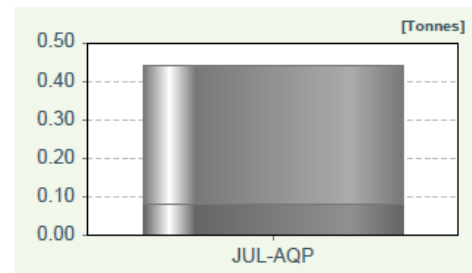
**GHG emissions (calculated as CO2 equivalents)**

WTW [Tonnes]

	JUL-AQP
Truck	0.4
<b>Sum</b>	<b>0.4</b>

TTW [Tonnes]

	JUL-AQP
Truck	0.4
<b>Sum</b>	<b>0.4</b>



Truck:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



These four results (TTW and WTW energy consumption and TTW and WTW GHG emissions) have been established according to the standard EN 16258:2012. Please consult this standard to get further information about processes not taken into account, guidelines and general principles. If you wish to make comparisons between these results and other results calculated in accordance with this standard, please take particular care to review the detailed methods used, especially allocation methods and data sources.

Your selected parameters for the calculation of energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG emissions) in EcoTransIT World are displayed above in the detailed description of the transport services. The energy and GHG conversion factors (e.g. MJ or kg CO<sub>2</sub> equivalent per litre diesel) for the EcoTransIT World calculation are taken from the appendix A of the standard EN 16258 without changes. For European trucks a biofuel share of 5 % is considered for diesel. For train transports the European standard does not contain specific energy and GHG conversion factors. Therefore EcoTransIT World uses own country specific conversion factors which are documented within the methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

For the allocation of energy consumption and GHG emissions to the individual transport services the parameter tonne-kilometre (tkm) is used. But the European standard allows also other allocation parameters if this is common for the transport mode considered. EcoTransIT World uses deviant allocation parameters for container ships (TEU-km) and ferries (number of decks and vehicle length). All data sources used for the calculation are documented at the appendix of this document. A comprehensive documentation of all data sources and default





These four results (TTW and WTW energy consumption and TTW and WTW GHG emissions) have been established according to the standard EN 16258:2012. Please consult this standard to get further information about processes not taken into account, guidelines and general principles. If you wish to make comparisons between these results and other results calculated in accordance with this standard, please take particular care to review the detailed methods used, especially allocation methods and data sources.

Your selected parameters for the calculation of energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG emissions) in EcoTransIT World are displayed above in the detailed description of the transport services. The energy and GHG conversion factors (e.g. MJ or kg CO<sub>2</sub> equivalent per litre diesel) for the EcoTransIT World calculation are taken from the appendix A of the standard EN 16258 without changes. For European trucks a biofuel share of 5 % is considered for diesel. For train transports the European standard does not contain specific energy and GHG conversion factors. Therefore EcoTransIT World uses own country specific conversion factors which are documented within the methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

For the allocation of energy consumption and GHG emissions to the individual transport services the parameter tonne-kilometre (tkm) is used. But the European standard allows also other allocation parameters if this is common for the transport mode considered. EcoTransIT World uses deviant allocation parameters for container ships (TEU-km) and ferries (number of decks and vehicle length). All data sources used for the calculation are documented at the appendix of this document. A comprehensive documentation of all data sources and default values as well as used for EcoTransIT World as well a detailed description of the methodology can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].





### Carbon emissions and air pollutants

The European standard EN 16258 does not contain methodological guidelines for the calculation of CO<sub>2</sub> and air pollutants. For comparability with the results for energy consumption and GHG emissions the calculation of CO<sub>2</sub> and air pollutants is based on the same methodology as the European standard. Further information about the calculation approach used by EcoTransIT World for CO<sub>2</sub> and air pollutants can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

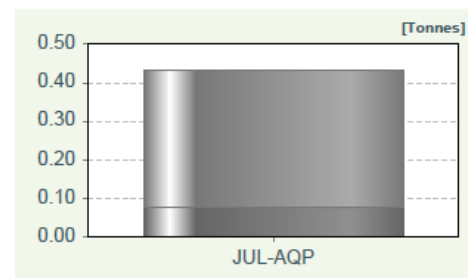
#### Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)

WTW [Tonnes]

	JUL-AQP
Truck	0.4
<b>Sum</b>	<b>0.4</b>

TTW [Tonnes]

	JUL-AQP
Truck	0.4
<b>Sum</b>	<b>0.4</b>



Truck:

WTT      TTW

Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



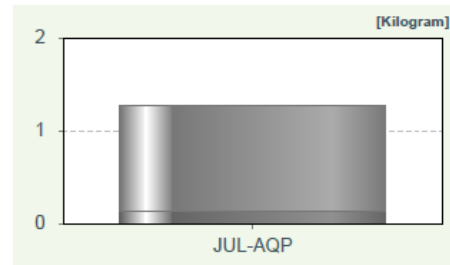
Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>)

WTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	1
<b>Sum</b>	<b>1</b>

TTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	1
<b>Sum</b>	<b>1</b>



Truck:  WTT  TTW

Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

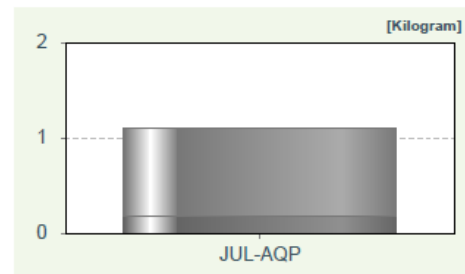
Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>)

WTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	1
<b>Sum</b>	<b>1</b>

TTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	0.9
<b>Sum</b>	<b>0.9</b>



Truck:  WTT  TTW

Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

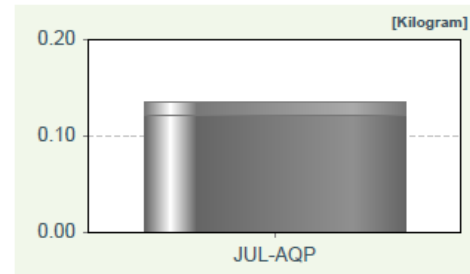
Non-methane hydrocarbon (NMHC)

WTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	0.1
<b>Sum</b>	<b>0.1</b>

TTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	0.01
<b>Sum</b>	<b>0.01</b>



Truck:  WTT  TTW

Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

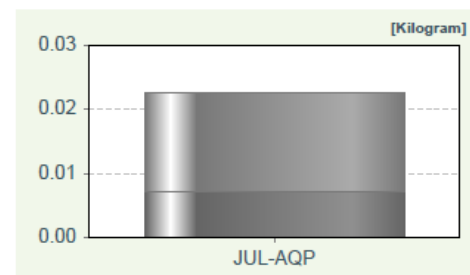
Particulate matter (PM10)

WTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	0.02
<b>Sum</b>	<b>0.02</b>

TTW [Kilogram]

	JUL-AQP
Truck	0.02
<b>Sum</b>	<b>0.02</b>



Truck:  WTT  TTW

Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



### EcoTransIT World entries

**Input mode:** Extended  
**Ferry routing:** Obstruct  
**Version ETW:** Unknown (Unknown)  
**Version data base:** etw\_db\_2018r05 (2019-08-18 18:44:02)



**Appendix: Documentation of the data sources used (in accordance with EN 16258)**

The following table summarizes in accordance with the standard EN 16258 the data categories (individual measured values, specific value of the shipper, fleet values of the shipper, default values) and data sources of default values used. A detailed description of the methodology, the data sources and the default values can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>]. If the user changed the default values of EcoTransIT World, it will be shown at the following table as Customer specific values.

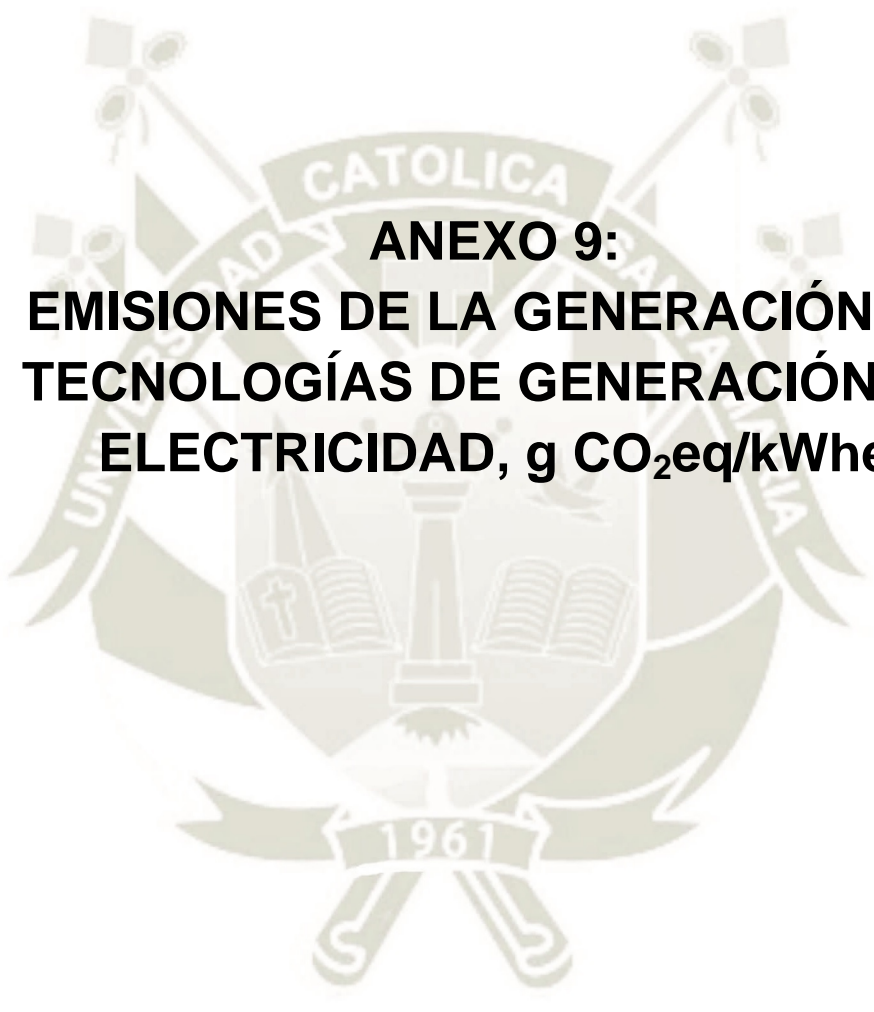
	Truck	Train	Barge	Sea ship	Ferry	Airplane
<b>General information</b>						
<b>Freight details: Weight, Unit, Amount TEU, t/TEU</b>	Customer specific values	Customer specific values	Customer specific values	Customer specific values	Customer specific values	Customer specific values
<b>Transport distance</b>	Calculated with EcoTransIT (consideration of street type and topography)	Calculated with EcoTransIT (consideration of traction type, topography and line type)	Calculated with EcoTransIT (port-to-port distance, consideration of inland waterway classes)	Calculated with EcoTransIT (port-to-port distance, consideration of canal sizes)	Calculated with EcoTransIT (port-to-port distance)	Calculated with EcoTransIT (airport-to-airport distance)
<b>Transport mode specific data</b>						
<b>Emission standards</b>	Country specific emission standards based on analyses of ETW	No differentiation on emission standards (at diesel traction)	No differentiation on emission standards	No differentiation on emission standards	No differentiation on emission standards	Emission standard depends indirectly from the plane type
<b>Load factor</b>	Customer specific values	Based on data from European railway companies	Assumptions based on statistical data	Based on data from UNCTAD Maritime Reviews	Assumptions based on statistical data	Data based on International Civil Aviation Organisation, DEFRA und aviation companies
<b>Empty trip factor</b>	Customer specific values	Based on data from European railway companies	Empty trips are considered within the load factor	No empty trips	No empty trips	No empty trips
<b>Maximum payload</b>	Europe: Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA 3.2); USA: Department of Transport; Other countries: Application of HBEFA values	Results directly from the train type, based on the data of European railway companies	Vessel type depends on the river type and is automatically selected by ETW	Ship type depends on trade lane and is automatically selected by ETW	Data from Network for Transportation and Environment (NTM)	Based on specifications from IATA
<b>Miscellaneous</b>		Traction type: Electrified (Calculated by ETW according to the selected route)		Speed reduction: Analyses based on data from searate.com		Mix Bellyfreight/ freighter based on data from IATA



	Truck	Train	Barge	Sea ship	Ferry	Airplane
<b>Fuel consumption</b>						
<b>Specific energy consumption (Diesel, Heavy fuel oil, Kerosene, Electricity)</b>	Europe: Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA 3.2), USA: Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES), Other countries: Application of HBEFA values	Europe: Based on data of European railway companies; train types outside Europe: literature review	Based on own ETW calculation (compare methodology report)	Based on own ETW calculation (compare methodology report)	Average of the applied ferry type	Data from Small Emitters Tool of Eurocontrol
<b>Share of biofuel</b>	Europe: 5% biofuel content in conventional diesel; outside of Europe: biofuels aren't considered	no biofuel	no biofuel	no biofuel	no biofuel	no biofuel
<b>Energy and GHG emission factors</b>	EN 16258	Diesel: EN 16258 Electricity: ETW calculated based on Ecoinvent	EN 16258	EN 16258	EN 16258	EN 16258







**ANEXO 9:  
EMISIONES DE LA GENERACIÓN DE  
TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE  
ELECTRICIDAD, g CO<sub>2</sub>eq/kWhe**



Valores	Bio-energía	Solar		Energía Geotérmica	Energía hidroeléctrica	Energía oceánica	Energía eólica	Energía nuclear	Gas Natural	Petróleo	Carbón
		FV	CTS								
Mínimo	-633	5	7	6	0	2	2	1	290	510	675
percentil 25	360	29	14	20	3	6	8	8	422	722	877
percentil 50	18	46	22	45	4	8	12	16	469	840	1001
percentil 75	37	80	32	57	7	9	20	45	548	907	1130
Máximo	75	217	89	79	43	23	81	220	930	1170	1689
CAC min	-1368								65		98
CAC máx	-594								245		396

CTS: Central térmica solar

CAC: Captura y almacenamiento de carbono

Fuente: Anexo II: Metodología. Reporte Especial (Burgherr et al., 2011)



**ANEXO 10:  
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO  
PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA**

**CUADRO 2.3**  
**FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)**

Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Petróleo crudo	73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Orimulsión	r77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas natural licuado	r64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gasolina	Gasolina para motores	r69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para la aviación	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para motor a reacción	r70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Queroseno para motor a reacción	r71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro queroseno	71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Esquisto bituminoso	73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Fuelóleo residual	77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Etano	61 600	56 500	68 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Nafta	73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Lubricantes	73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Coque de petróleo	r97 500	82 900	115000	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Alimentación a procesos de refinarias	73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro petróleo	Gas de refinería	n57 600	48 200	69 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Ceras de parafina	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Espíritu blanco y SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Otros productos del petróleo	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Antracita	98 300	94 600	101000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Carbón de coque	94 600	87 300	101000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Otro carbón bituminoso	94 600	89 500	99 700	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Carbón sub-bituminoso	96 100	92 800	100 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Lignito	101 000	90 900	115 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	

Esquisto bituminoso y alquitrán		107 000	90 200	125 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5
Briquetas de carbón de lignito		n 97 500	87 300	109 000	n 10	3	30	r 1,5	0,5	5
Combustible evidente		97 500	87 300	109 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5
Coque	Coque para horno de coque y coque de lignito	r107 000	95 700	119 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5
	Coque de gas	r107 000	95 700	119 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

**CUADRO 2.3 (CONTINUACIÓN)**  
**FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)**

Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Alquitrán de hulla	n80 700	68 200	95 300	n 10	3	30	n 1,5	0,5	5	
Gases derivados	Gas de fábricas de gas	n44 400	37 300	54 100	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de horno de coque	n44 400	37 300	54 100	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de alto horno	n260 000	219 000	308 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de horno de oxígeno para aceros	n182 000	145 000	202 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Gas natural	56 100	54 300	58 300	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	n 91 700	73 300	121 000	30	10	100	4	1,5	15	

Desechos industriales		n 143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1,5	15
Óleos de desecho		n 73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1,5	15
Turba		106 000	100 000	108 000	n 2	0,6	6	n 1,5	0,5	5
Biocombustibles sólidos	Madera / Desechos de madera	n112 000	95 000	132 000	30	10	100	4	1,5	15
	Lejía de sulfito (licor negro) <sup>(a)</sup>	n95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	Otra biomasa sólida primaria	n100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1,5	15
	Carbón vegetal	n112 000	95 000	132 000	200	70	600	4	1,5	15
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	n70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Biodiésel	n70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Otros biocombustibles líquidos	n79 600	67 100	95 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	n54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de digestión de lodos cloacales	n54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Otro biogás	n54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

Otros combustibles no fósiles	Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)	n100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1,5	15
-------------------------------	--	----------	--------	---------	----	----	-----	---	-----	----

<sup>(a)</sup> Incluye el CO<sub>2</sub> derivado de la biomasa emitido desde la unidad de combustión de licor negro y el CO<sub>2</sub> derivado de la biomasa emitido desde el horno de cal de la planta de kraft.

n Indica un factor de emisión nuevo que no estaba presente en las *Directrices del IPCC de 1996*.

r Indica un factor de emisión que se revisó a partir de las *Directrices del IPCC de 1996*.





**ANEXO 11:  
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA**

2.1 TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2007-2016

(Grados centígrados)

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 P/
Amazonas	14.7	14.8	14.8	15.4	14.9	14.7	15.0	14.9	15.1	15.6
Áncash	12.6	12.4	12.5	12.7	12.2	12.4	12.5	12.5	12.8	13.1
Apurímac	15.8	16.2	16.0	16.2	15.7	14.0	14.1	14.1	14.5	14.9
Arequipa	15.9	15	16.4	16.4	15.6	15.6	15.6	16.1	17.1	17.3
Ayacucho	18.1	19.4	19.0	18.8	18.0	18.0	18.2	18.4	18.3	...
Cajamarca	14.4	14.4	14.7	14.9	14.4	14.6	14.9	15.0	15.4	15.6
Cusco	12.4	12.3	12.4	12.6	12.1	12.3	12.3	12.5	12.6	13.3
Huancavelica	10.3	10	10.6	10.4	9.5	9.6	10.3	10.3	10.4	...
Huánuco	20.5	20.4	20.5	20.9	20.2	20.3	20.7	20.6	20.8	21.4
Ica	20.6	21.6	21.8	21.4	22.2	20.7	21.5	21.0	21.6	22.9
Junín	12.4	12.1	12.4	12.7	12.1	12.1	12.4	12.4	12.6	13.0
La Libertad	18.9	20.8	20.5	19.8	19.9	21.2	19.3	21.0	22.2	21.2
Lambayeque	19.9	21.5	21.2	20.5	20.7	22.0	20.2	21.7	22.8	22.4
Lima	18.1	19.5	19.5	18.8	19.1	19.8	18.7	19.5	20.8	20.3
Loreto	27.4	27.3	27.4	27.6	27.5	26.8	27.4	26.9	27.3	27.5
Madre de Dios	27.1	26.5	26.1	...	26.6	26.9	26.6	26.5	27.1	27.0
Moquegua	19.7	18.8	19.8	19.2	19.4	19.7	19.3	19.4	19.9	...
Pasco	5.0	5.3	5.2	5.7	5.2	5.0	5.3	5.2	5.5	6.0
Piura	24.0	24.8	24.8	24.2	24.6	25.2	23.9	25.3	26.1	...
Puno	10.7	9.4	10.9	11.5	10.8	10.5	10.2	10.5	10.3	...
San Martín	22.6	23.2	22.7	23.4	23.1	22.8	23.0	22.8	22.9	23.6
Tacna	16.7	18.3	18.1	17.5	17.6	18.2	17.7	18.0	18.8	18.8
Tumbes	24.9	26.2	25.7	25.5	25.5	25.6	25.1	26.0	27.2	...
Ucayali	26.2	26.1	25.7	26.1	25.5	25.5	25.6	25.5	26.0	26.0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

