

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA
COMUNIDAD UNIVERSITARIA PROVENIENTE DE FUENTES
MÓVILES UTILIZADOS PARA DESPLAZARSE HACIA LA
UNALM”**

Presentada por:

Kathy Elizabeth Común Sandoval

Ana Milagros Saavedra Huasasquiche

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima –Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA
COMUNIDAD UNIVERSITARIA PROVENIENTE DE FUENTES
MÓVILES UTILIZADOS PARA DESPLAZARSE HACIA LA
UNALM”**

Presentada por:

Kathy Elizabeth Común Sandoval

Ana Milagros Saavedra Huasasquiche

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ph. D. Sergio Pacsi Valdivia
PRESIDENTE

Mg. Sc. Víctor Miyashiro Kiyari
MIEMBRO

Ph. D. Lizardo Visitación Figueroa
MIEMBRO

Mg. Sc. Armando Aramayo Bazzetti
ASESOR

DEDICATORIA

A mis queridos padres Lidia y Darío, a mi hermano Edward y en especial a Irving quienes día a día me han demostrado su inmenso amor, cariño y apoyo incondicional. Cada uno de ellos quienes han contribuido en mi desarrollo personal y profesional durante estos maravillosos años de mi vida.

Kathy Común

A mis padres Ana y William; por todo el amor y apoyo que me han dado a lo largo de mi vida personal y profesional, y sobre todo por ser mi motor y motivo para seguir adelante.

Ana Saavedra

AGRADECIMIENTOS

A Dios por amarme infinitamente y guiarme día a día en cada paso de mi vida.

A mis queridos padres, quienes me han apoyado y motivado para seguir adelante.

A mi querida UNALM por ser mi “Alma Máter” y permitirme ser parte de ella.

A mis queridos profesores por su valiosa labor de enseñanza y asimismo ser parte de mi formación profesional.

A mis queridos compañeros molineros y amigos por su apoyo y motivaciones.

Kathy Común

A Dios, mis padres, amigos, hermanos y profesores que pusieron su valioso conocimiento para la realización del trabajo.

A todos los miembros de la comunidad universitaria que nos brindaron su tiempo para la realización de las encuestas.

Ana Saavedra

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Cambio climático	4
2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)	4
2.2.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI) provenientes de fuentes móviles.....	5
2.3. Comunidad universitaria	5
2.4. Huella de carbono	6
2.5. Metodologías de cálculo de la huella de carbono	7
2.6. Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI (ECCR) 7	
2.6.1. Determinación de los límites organizacionales.....	10
2.6.1.1. Enfoque de participación accionaria.....	10
2.6.1.2. Enfoque de control.....	10
2.6.2. Determinación de los límites operacionales	11
2.6.2.1. Alcance 1: emisiones directas de GEI	11
2.6.2.2. Alcance 2: emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad.....	12
2.6.2.3. Alcance 3: otras emisiones indirectas	12
2.6.3. Seguimiento a las emisiones a través del tiempo.....	12
2.6.3.1. Elección de un año base	12
2.6.3.2. Ajustando las emisiones del año base.....	13
2.6.4. Identificación y cálculo de emisiones de GEI.....	13
2.6.4.1. Identificar fuentes de emisiones de GEI	13
2.6.4.2. Seleccionar un método de cálculo de emisiones de GEI	14
2.6.4.3. Recolectar datos sobre sus actividades y elegir factores de emisión.....	14
2.6.4.4. Aplicar herramientas de cálculo.....	14
2.6.4.5. Enviar los datos de emisiones de GEI a nivel corporativo	15

2.6.5.	Gestión de la calidad del reporte.....	15
2.6.6.	Contabilidad de reducciones de emisiones de GEI.....	16
2.7.	Factor de emisión	17
2.8.	Compensaciones de carbono	18
2.9.	Inventario de emisiones de GEI en el Perú	19
2.10.	Experiencias del cálculo de huella de carbono	21
2.10.1.	Perú	21
2.10.2.	Otros países	23
2.11.	Experiencias de compensación de la huella de carbono	26
2.11.1.	Perú	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1.	Materiales.....	28
3.2.	Métodos.....	28
3.2.1.	Determinación de los límites organizacionales.....	29
3.2.2.	Determinación de los límites operacionales	29
3.2.3.	Elección de un año base	29
3.2.4.	Identificación de fuentes y estimación de emisiones de GEI	29
3.2.4.1.	Método y tipo de muestra para la toma de encuesta	30
3.2.4.2.	Identificación de fuentes móviles de emisión de GEI	35
3.2.4.3.	Estimación de las emisiones directas de GEI (alcance 1) por el consumo de combustible.....	35
3.2.4.4.	Estimación de las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) por la distancia recorrida desde casa al campus de la universidad	37
3.2.4.5.	Estimación de las emisiones totales de GEI	40
3.2.4.6.	Estimación de la huella de carbono per cápita de la comunidad universitaria.....	40
3.2.4.7.	Medidas propuestas para la reducción y compensación de la huella de carbono	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1.	Determinación de los límites organizacionales.....	43
4.2.	Determinación de los límites operacionales.....	43
4.3.	Identificación de fuentes y estimación de emisiones de GEI.....	44
4.3.1.	Identificación de fuentes móviles de emisión de GEI	44

4.3.1.1.	Estimación de las emisiones directas de GEI (alcance 1) por el consumo de combustible.....	45
4.3.1.2.	Estimación de las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) por la distancia recorrida desde casa al campus de la universidad	47
4.3.2.	Estimación de las emisiones totales de GEI	57
4.3.3.	Estimación de huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria UNALM.....	59
4.3.4.	Estimación de huella de carbono per cápita anual según estamentos de la comunidad universitaria UNALM.....	59
4.3.5.	Emisiones por día según los estamentos de la comunidad universitaria.....	61
4.4.	Análisis comparativo de la huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria entre universidades	62
4.5.	Propuestas de compensación de la huella de carbono.....	62
4.5.1.	Compra de créditos de carbono – compensación voluntaria	63
4.5.2.	Forestación en el Fundo Génova.....	63
4.6.	Propuesta de gestión de reducción de la huella de carbono	68
4.6.1.	Fomentar las buenas prácticas ambientales de movilidad sostenible.....	68
4.6.1.2.	Caminar o Bicicleta.....	68
4.6.1.3.	Car pooling.....	68
4.6.2.	Compromiso de los actores sociales interesados de la universidad.....	69
4.6.2.1.	Compromiso de la comunidad universitaria	69
4.6.2.2.	Compromiso del área de gestión ambiental de la universidad.....	69
4.6.2.3.	Compromiso de voluntarios ambientales	70
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	73
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
VIII.	ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población universitaria por estamento, según tipo de universidad	5
Tabla 2: Inventarios nacionales de GEI para los años base 1994, 2000 y 2010.....	20
Tabla 3: Comparación de emisiones de CO ₂ totales y per cápita por el desplazamiento de la comunidad universitaria	24
Tabla 4: Tamaño de muestra por estamentos de la comunidad universitaria.....	31
Tabla 5: Tamaño de muestra según la población de estudiantes de pregrado.....	31
Tabla 6: Tamaño de muestra según la población de estudiantes de posgrado	32
Tabla 7: Tamaño de muestra según la población de docentes.....	34
Tabla 8: Fuentes de emisión por alcance.....	35
Tabla 9: Valor calórico neto y densidad del GNV	36
Tabla 10: Factor de emisión por defecto del GNV para fuentes móviles de combustión.....	36
Tabla 11: Potencial de calentamiento global (PCG) de los principales GEI.....	36
Tabla 12: Factores de emisión de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O por tipo de vehículo	39
Tabla 13: Consumo promedio de combustible del año 2016	45
Tabla 14: Emisiones de GEI para el alcance 1	46
Tabla 15: Distancia recorrida acumulada promedio por el desplazamiento casa- campus universitario por estrato según el tipo de transporte.....	50
Tabla 16: Emisiones relacionadas con el número de estudiantes de pregrado.....	54
Tabla 17: Emisiones relacionadas con el número de docentes.....	55
Tabla 18: Emisiones relacionadas con el número de personal administrativo.....	56
Tabla 19: Emisiones relacionadas con el número de estudiantes de posgrado	57
Tabla 20: Emisiones totales de GEI	57
Tabla 21: Estimación de la huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria UNALM.....	59
Tabla 22: Estimación de la huella de carbono per cápita anual según estamentos de la comunidad universitaria UNALM.	60
Tabla 23: Comparación de la huella de carbono per cápita entre universidades.....	62
Tabla 24: Cantidad de carbono y dióxido de carbono acumulado en una plantación de <i>Guadua angustifolia</i>	65
Tabla 25: Cálculo de las hectáreas necesarias para la plantación de bambú.....	66

Tabla 26: Compensación anual de la huella de carbono	66
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Emisión per cápita de transporte de la comunidad universitaria en las diferentes universidades	23
Figura 2: Consumo de combustible y emisiones de la flota de buses de la UNALM...	47
Figura 3: Tipos de transportes utilizados.....	48
Figura 4: Emisiones de GEI según estamento	51
Figura 5: Emisiones de CO ₂ generadas por tipo de transporte y estamentos	52
Figura 6: Emisiones de GEI por tipo de transporte	53
Figura 7: Emisiones de GEI de estudiantes de pregrado	53
Figura 8: Emisiones de GEI de docentes.....	54
Figura 9: Emisiones de GEI del personal administrativo	55
Figura 10: Emisiones de GEI del estudiante de posgrado	56
Figura 11: Emisiones de GEI según alcance	58
Figura 12: Huella de carbono per cápita anual según estamento de la comunidad universitaria	60
Figura 13: Emisiones por día según estamento	61
Figura 14: Fijación acumulada anual del dióxido de carbono.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Formato de lista de identificación de fuentes móviles de emisión de GEI	82
ANEXO 2: Formato de entrevista al personal encargado de los buses de la UNALM	83
ANEXO 3: Encuesta a la comunidad universitaria	85
ANEXO 4: Nivel de ocupación según el tipo de vehículos	87
ANEXO 5: Determinación de los límites organizacionales y operacionales	88
ANEXO 6: Cálculos de la huella de carbono – alcance 1 (emisiones directas).....	89
ANEXO 7: Distribución de las preferencias del uso de transporte para el desplazamiento al campus por estrato.....	90
ANEXO 8: Distribución según el tiempo que tarda la comunidad universitaria en desplazarse al campus	91
ANEXO 9: Distribución según el distrito de procedencia y el tipo de estamento de la comunidad universitaria	93
ANEXO 10: Cálculos de la huella de carbono – alcance 3 (emisiones indirectas).....	95

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANP	: Área Natural Protegida
VER	: Reducción Verificada de Emisión
CH ₄	: Metano
CMNUCC	: Convención Marco de las Naciones Unidas frente al Cambio Climático
CO ₂	: Dióxido de carbono
COP	: Conferencia de la partes
DEFRA	: Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales
ECCR	: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte
GEI/ GHG	: Gases de Efecto Invernadero
GLP	: Gas Licuado de Petróleo
GNV	: Gas Natural Vehicular
HFCs	: Hidrofluorocarbonos
IPCC	: Panel Intergubernamental del Cambio Climático
ISO	: Organización Internacional para la Estandarización
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
N ₂ O	: Óxido nitroso
PCG	: Potencial de Calentamiento Global
PFCs	: Perfluorocarbonos
REED	: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
SF ₆	: Hexafluoruro de azufre
SERNANP	: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SINIA	: Sistema Nacional de Información Ambiental
UNALM	: Universidad Nacional Agraria La Molina
WBCSD	: Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible
WRI	: Instituto de Recursos Mundiales

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizadas para desplazarse al campus de la Universidad Nacional Agraria la Molina durante los semestres académicos 2016 I y 2016 II. La metodología de estudio se realizó en base al Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, y se utilizaron los factores de emisión del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) y del DEFRA (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales). El estudio consideró el alcance 1 (emisiones directas de la flota de los buses de la universidad) y el alcance 3 (emisiones indirectas provenientes del transporte masivo, individual y no motorizado). Se aplicó una encuesta a 1.066 miembros de la comunidad universitaria con la finalidad de obtener información con respecto a los hábitos de transporte utilizados para desplazarse hacia la universidad. Para el cálculo de la emisión del alcance 1 se utilizó el método de consumo de combustible por la flota de buses de la universidad y para el alcance 3 se calculó la distancia media recorrida por cada tipo de transporte, los cuales fueron convertidos a emisiones de CO₂e. Se obtuvo como resultado un total de 1.490,12 tCO₂e, de las cuales el 93 por ciento pertenece al alcance 3. Dentro del alcance 3, la principal fuente de emisión es el uso del transporte “coaster”. Asimismo se determinó la emisión per cápita de los estudiantes de pregrado, posgrado, docentes y personal administrativo siendo 0,21 tCO₂e, 0,01 tCO₂e, 0,34 tCO₂e y 0,26 tCO₂e respectivamente. Por último, se plantearon propuestas de gestión de reducción y compensación de la huella de carbono para mitigar el aporte de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras claves: CO₂e, huella de carbono, universidad, transporte, gases de efecto invernadero.

SUMMARY

In the present research the estimation of the carbon footprint of the university community was obtained from mobile sources used to move to the campus of the Universidad Nacional Agraria la Molina during the academic semesters 2016 I and 2016 II. The study methodology was based on the Corporate Accounting Standard and Report of the Greenhouse Gas Protocol. The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) and DEFRA (Department of Environment, Food and Rural Affairs) emission factors were used. The study considered scope 1 (direct emissions from the university buses) and scope 3 (indirect emissions from mass, individual transport and motorized transport). A survey of 1.066 members of the university community was carried out in order to obtain information on the transport habits used. The emission of scope 1 used the method of fuel consumption by the university bus fleet and for scope 3 the average distance traveled by each type of transport was calculated, which were converted to CO₂e emissions. Results totaling 1.490,12 tCO₂e, of which 93 percent belong to scope 3. Within the scope 3, the main emission source is the use of transport "coaster". Likewise, the per capita emission of undergraduate, graduate, faculty and administrative staff at 0,21 tCO₂e, 0,01 tCO₂e, 0,34 tCO₂e and 0,26 tCO₂e respectively. Finally proposals were made for carbon footprint reduction and compensation to mitigate the contribution of the greenhouse gas emissions.

Keywords: CO₂e, carbon footprint, university, transport, greenhouse gases.

I. INTRODUCCIÓN

Ante la creciente preocupación sobre el cambio climático inducido por las altas concentraciones atmosféricas de Gases de Efecto Invernaderos (GEI), las cuales serían responsables del aumento de la temperatura global del planeta (IPCC, 2007a); además que es considerado el problema global de mayor prioridad en este tiempo (Dávila y Varela, 2014) y que no sólo constituye un problema ambiental sino también, un problema con profundos impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas (Valderrama *et al.*, 2011), existe la necesidad de encontrar estrategias y herramientas que permitan disminuir dichas concentraciones y así reducir el impacto ambiental ocasionado por el desarrollo de distintas actividades. El Perú no es ajeno a esa realidad ya que uno de los sectores que contribuye más a las emisiones de GEI en el Perú es el sector transporte (MINAM, 2014).

Una de las herramientas desarrolladas es la huella de carbono el cual es un indicador reconocido a nivel internacional que permite cuantificar las emisiones de GEI (directas e indirectas) medidas en CO₂e de empresas, organizaciones e instituciones (Larsen *et al.*, 2013). La medición de este parámetro tiene relevancia tanto en el cumplimiento con los crecientes y exigentes estándares internacionales así como en la mejora de distintos procesos (Calle y Guzmán, 2011). Asimismo la huella de carbono contribuye a la creación de un mercado de productos y servicios de bajo carbono que da respuesta a la demanda social actual, mientras que a su vez sirve para identificar oportunidades de ahorro de costos en las organizaciones (Ambrós *et al.*, 2012).

Numerosas organizaciones han decidido cuantificar sus emisiones mediante la herramienta huella de carbono, un tipo de institución en la que ha habido un enfoque específico sobre los logros sostenibles son las universidades (Larsen *et al.*, 2013).

Por ello es que muchas universidades en todo el mundo están encaminando sus esfuerzos en adoptar iniciativas con el objetivo de reducir las emisiones, entre ellas: reducción de los consumos energéticos, inversión en energías renovables o el uso de métodos de transporte alternativos (Mondéjar *et al.*, 2011). Este indicador es utilizado por las instituciones de educación superior como un indicador de su responsabilidad y compromiso por el ambiente y al mismo tiempo permite establecer responsabilidades a nivel personal, académico e institucional (Rodas, 2014).

La huella de carbono puede servir para dos funciones, tanto en el aumento de la conciencia de los estudiantes, docentes y personal administrativo de las emisiones de GEI debido a sus actividades y en proporcionar una base amplia para el desarrollo sostenible en el campus universitario y la toma de decisiones (Xiwang *et al.*, 2015).

La presente investigación tiene como objetivo principal la estimación de la huella de carbono generada por el desplazamiento de la comunidad universitaria desde sus hogares hacia el campus de la UNALM para los semestres 2016 I y II en base a la metodología establecida en el Protocolo de GEI-Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (ECCR) y el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de la Cadena de Valor (alcance 3).

Los objetivos específicos son:

- Identificar las principales fuentes móviles de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) utilizadas por la comunidad universitaria para su desplazamiento desde su lugar de residencia hacia la universidad.
- Cuantificar las emisiones directas e indirectas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de fuentes móviles utilizadas por la comunidad universitaria para su desplazamiento desde su lugar de residencia hacia la universidad.
- Calcular la huella de carbono per cápita del estudiante universitario de pregrado y posgrado proveniente de las fuentes móviles utilizadas por la comunidad

universitaria para su desplazamiento desde su lugar de residencia hacia la universidad.

- Calcular la huella de carbono per cápita del docente proveniente de las fuentes móviles utilizadas por la comunidad universitaria para su desplazamiento desde su lugar de residencia hacia la universidad.
- Calcular la huella de carbono per cápita del personal administrativo proveniente de las fuentes móviles utilizadas por la comunidad universitaria para su desplazamiento desde su lugar de residencia hacia la universidad.
- Proponer estrategias de reducción y compensación de la huella de carbono de la comunidad universitaria.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cambio climático

Para el (IPCC, 2007a), el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. Según (CMCC, 1992) es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima.

2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, naturales o antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinada longitud de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera debido a los mismos gases, y por las nubes. De esta manera, la presencia de GEI en la atmósfera, contribuye a la retención de parte de la energía emitida por el suelo tras haber sido calentado por la radiación solar (CMCC, 1992).

Los GEI más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, pero también existen algunos gases artificiales producto de la actividad industrial. Los principales GEI son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafloruro de azufre (SF_6).

Los gases de efecto de invernadero se encuentran de manera natural pero su concentración se ha incrementado con la actividad humana a partir de la era industrial,

lo que exacerba el calentamiento global (IPCC, 2007a). No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, pero su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera. Si estos dos factores se consideran juntos, al promedio de calentamiento que pueden causar, se le conoce como “Potencial de Calentamiento Global”, el cual es obtenido matemáticamente y es expresado en relación con el nivel de (CO₂), es decir, el PCG tiene por unidad al dióxido de carbono equivalente (CO₂e) (Espíndola y Valderrama, 2012).

2.2.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI) provenientes de fuentes móviles

Las fuentes móviles producen emisiones de GEI de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) procedentes de la quema de diversos tipos de combustible, así como varios otros contaminantes como el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), el dióxido de azufre (SO₂), el material particulado (PM) y los óxidos de nitrato (NO_x), que causan o contribuyen a la contaminación del aire local o regional (IPCC, 2006).

2.3. Comunidad universitaria

La comunidad universitaria está conformada por el personal docente, los estudiantes y el personal de administración y de servicio. En la siguiente tabla se muestra la población universitaria (INEI, 2010).

Tabla 1: Población universitaria por estamento, según tipo de universidad

Tipo de Universidad	Alumnos		Docentes Universitarios	Trabajadores Administrativos y de servicios
	Pregrado	Posgrado		
Públicas	309.175	24.591	21.434	19.961
Privadas	473.795	31.767	37.651	19.056
Total	782.970	56.358	59.085	39.017

FUENTE: INEI (2010)

2.4. Huella de carbono

El concepto de huella de carbono surgió como un tipo de huella ecológica, sin embargo esta última tiene una definición más amplia al incluir todos los impactos ambientales, y debido a la importancia creciente que ha ido adquiriendo el impacto climático, al día de hoy ya se habla de huella de carbono como un parámetro independiente (Ambrós *et al.*, 2012). La huella de carbono es por tanto una herramienta que permite medir las emisiones de CO₂ y su análisis se basa en metodologías reconocidas internacionalmente que representan un estándar a nivel mundial para los estudios de huella de carbono (Ambrós *et al.*, 2012). La huella de carbono es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero (Espíndola y Valderrama, 2012).

La huella de carbono puede ser entendida como un concepto que permite determinar la cantidad total (balance) de GEI emitidos (directa e indirectamente) a la atmósfera medidos en CO₂ equivalente, producto de la realización de actividades cotidianas de nuestra sociedad, tales como el transporte, la minería, la generación eléctrica, la agricultura, la producción de bienes de consumo, etc. (Borquéz, 2010).

Su cálculo considera el total de emisiones relacionadas a cada una de las etapas de un ciclo productivo, abarcando desde la adquisición de materias primas, hasta la eliminación de sus desechos, permitiendo establecer planes estratégicos para su eventual disminución, los que van desde la reingeniería de procesos y mejoras tecnológicas, hasta planes de eficiencia de consumo energético, entre otras (Brito, 2011). Su importancia radica en que una vez conocida la huella, es posible implementar una estrategia de reducción y/o compensación de emisiones, a través de diferentes programas, públicos o privados (Rodas, 2014).

En su cálculo, se realiza un inventario de emisiones de GEI o se focaliza, en las emisiones de CO₂ producidas por las principales actividades institucionales, abriendo con ello la posibilidad de establecer estrategias destinadas a monitorearlas y reducirlas, favoreciendo la responsabilidad ambiental y que las actividades institucionales sean más

sustentables (Barreda y Polo, 2012). Es así como la huella de carbono representa una poderosa herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia para el logro de la sustentabilidad de las organizaciones (Espíndola y Valderrama, 2012).

2.5. Metodologías de cálculo de la huella de carbono

Debido a la importancia que en la actualidad está cobrando la problemática ambiental asociada al calentamiento global, diversas asociaciones y administraciones han desarrollado bases de datos y metodologías específicas para la medición de las emisiones de GEI y el cálculo de la huella de carbono, con el fin de poder identificar los planes de acción adecuados y certificar el cumplimiento de las exigencias de Kyoto (Mondejar *et al.*, 2011).

La utilización de alguna de las metodologías en particular, depende del enfoque que se quiera dar (Brito, 2011). En la actualidad existen dos tipos de enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono, los cuales son hacia la empresa o al producto (Dávila y Varela, 2014).

Las metodologías más utilizadas a nivel internacional y que apuntan al cálculo de la huella de carbono para empresas son: El Protocolo de GEI-Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (ECCR) y la norma ISO 14064- Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero (IHOBE, 2013)

2.6. Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI (ECCR)

La iniciativa del Protocolo de Gases Efecto Invernadero es una alianza multipartidaria de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) (Viteri, 2013).

El ECCR ofrece estándares y lineamientos para empresas y otras organizaciones interesadas en preparar un inventario de emisiones de GEI. Cubre la contabilidad y el reporte de los seis GEI previstos en el Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (WBCSD-WRI, 2014).

El protocolo de GEI ha logrado un alto nivel de reconocimiento a escala mundial y aparece como la principal referencia, junto con los estándares ISO 14064 (Espíndola y Valderrama, 2012). El reconocimiento del protocolo de GEI y el carácter de gratuidad de las aplicaciones, ha concretado el éxito y alta demanda de ellas (Pandey *et al.*, 2010).

El ECCR ha sido diseñado principalmente desde la perspectiva de las empresas involucradas en el desarrollo de un inventario de GEI. No obstante, es igualmente aplicable a otros tipos de organizaciones cuyas operaciones estén vinculadas a la emisión de GEI como ONGs, agencias gubernamentales y universidades (Ambrós *et al.*, 2012).

El Protocolo GEI permite una mayor libertad en el desarrollo general y aplicación de la metodología, pero más concretamente, permite la elección de objetivos de reducción que no se basan sólo en proyectos establecidos. Es por ello que este estándar es más adecuado para una universidad o centro de estudios (Arranz *et al.*, 2012).

Dentro de los estándares establecidos por el ECCR se desarrolla como un suplemento el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de la Cadena de Valor el cual ayuda a promover la integridad y consistencia adicional de reportes de empresas sobre las emisiones indirectas de las actividades de la cadena de valor (WBCSD-WRI, 2011).

Las emisiones indirectas las clasifica en 15 categorías distintas y están diseñadas para ser mutuamente excluyentes, de tal manera que cualquier reporte de la empresa, no hay doble contabilidad de las emisiones entre categorías. Cada categoría se compone de actividades individualmente que resultan en emisiones. La categoría 7 pertenece al desplazamiento de los empleados que incluye las emisiones del transporte de los

empleados entre sus hogares y lugares de trabajo durante un año de referencia (reporte de vehículos que no sean propiedad u operados por la compañía) (WBCSD-WRI, 2011).

Para el cálculo de las emisiones derivadas de los desplazamientos de la comunidad universitaria se puede utilizar uno de los siguientes métodos (WBCSD-WRI, 2011):

- a) **Método basado en combustible:** implica la determinación de la cantidad de combustible consumido durante los desplazamientos y la aplicación del factor de emisión apropiado para cada combustible.

- b) **Método basado en la distancia:** implica la recogida de datos de los empleados en los desplazamientos patronales (por ejemplo, la distancia que viajaron y el modo que utilizaron para sus desplazamientos) y la aplicación de los factores de emisión adecuados para los modos usados.

- c) **Método de datos promedios:** implica la estimación de las emisiones derivadas de los desplazamientos de los empleados basado en el promedio de los datos sobre pautas de movilidad (por ejemplo nacional).

Las etapas para la aplicación de la metodología del Protocolo de GEI, se enumeran a continuación (WBCSD-WRI, 2004):

- a) Determinación de los límites organizacionales.
- b) Determinación de los límites operacionales.
- c) Seguimiento de las emisiones a través del tiempo.
- d) Identificación y cálculo de emisiones de GEI.
- e) Gestión de la calidad del inventario.
- f) Contabilidad de reducciones de emisiones de GEI.

2.6.1. Determinación de los límites organizacionales

Para reportes corporativos es posible utilizar dos enfoques distintos orientados a consolidar las emisiones de GEI: enfoque de participación accionaria o enfoque de control. La empresa selecciona un enfoque que debe ser aplicado consistentemente para definir aquellas unidades de negocio y operaciones que constituyen a la empresa para fines de contabilidad y reporte de GEI (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.1.1. Enfoque de participación accionaria

Bajo el enfoque de participación accionaria una empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción que posee en la estructura accionaria. La participación accionaria refleja directamente un interés económico, el cual representa el alcance de los derechos que una empresa tiene sobre los riesgos y beneficios que se derivan de una operación (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.1.2. Enfoque de control

Bajo el enfoque de control una empresa contabiliza el 100 por ciento de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control. No debe contabilizar emisiones de GEI provenientes de operaciones de las cuales la empresa es propietaria de alguna participación pero no tiene el control de las mismas. El control puede definirse tanto en términos financieros como operacionales (WBCSD-WRI, 2004):

- a) Control financiero:** Una empresa tiene control financiero sobre una operación si tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades.

b) Control operacional: Una empresa ejerce control operacional sobre alguna operación si dicha organización o alguna de sus subsidiarias tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación.

2.6.2. Determinación de los límites operacionales

Se debe identificar las emisiones de la empresa asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas e indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones indirectas.

Según (WBCSD-WRI, 2004), las emisiones se clasifican en 2 grupos:

- a) Emisiones directas:** Son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa.

- b) Emisiones indirectas:** Son emisiones consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa.

Para ayudar a delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas se definen tres "alcances" para propósitos de reporte y contabilidad de GEI (alcance 1, alcance 2 y alcance 3) (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.2.1. Alcance 1: emisiones directas de GEI

Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión de calderas, hornos, vehículos, etc.

2.6.2.2. Alcance 2: emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad

Incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa.

2.6.2.3. Alcance 3: otras emisiones indirectas

Es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de actividades del alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos; el transporte de combustibles adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.3. Seguimiento a las emisiones a través del tiempo

Contar con un perfil histórico de emisiones de la empresa es importante pero si la empresa experimenta cambios estructurales significativos, en forma de adquisiciones, desinversiones y fusiones no permite las comparaciones a lo largo del tiempo. Con el fin de mantener consistencia a lo largo del tiempo, los datos históricos de emisión deben ser ajustados y por ello es necesario la elección de un año base (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.3.1. Elección de un año base

Las empresas deben elegir y reportar un año base para el cual exista información confiable de emisiones; también deben especificar las razones que condujeron a la elección de ese año en particular (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.3.2. Ajustando las emisiones del año base

Las empresas deben definir una política de ajuste de las emisiones del año base y establecer de manera clara los fundamentos y el contexto para cualquier recálculo. La política en cuestión debe definir cualquier "umbral de significancia" aplicado para decidir sobre la pertinencia de emprender un recálculo (WBCSD-WRI, 2004).

El "umbral de significancia" es un criterio cualitativo o cuantitativo para definir cualquier cambio relevante en los datos, los límites de inventario, los métodos de cálculo o cualquier otro factor significativo. La empresa es responsable de definir el umbral de significancia que detona el procedimiento de recálculo de las emisiones del año base; también debe revelarlo en los reportes (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.4. Identificación y cálculo de emisiones de GEI

Según (WBCSD-WRI, 2004), una vez definidos los límites que van a tenerse en cuenta, el estándar identifica los pasos que deben llevarse a cabo para el correcto cálculo de las emisiones:

2.6.4.1. Identificar fuentes de emisiones de GEI

Las emisiones de GEI típicamente provienen de las categorías de fuentes de (WBCSD-WRI, 2004):

- a) Combustión fija:** combustión de combustibles en equipos estacionarios o fijos, como calderas, hornos, quemadores, turbinas, calentadores, incineradores motores, flameadores, etc.

- b) Combustión móvil:** combustión de combustibles en medios de transporte, como automóviles, camiones, autobuses, trenes, aviones, buques, barcos, barcazas, embarcaciones, etc.

- c) **Emisiones de proceso:** emisiones de procesos físicos o químicos, como el CO₂ de la etapa de calcinación en la manufactura de cemento, el CO₂ del "cracking" catalítico en procesos petroquímicos, las emisiones de PFC en la fundición de aluminio, etc.

- d) **Emisiones fugitivas:** liberaciones intencionales y no intencionales, como fugas en las uniones, sellos, empaques, o juntas de equipos, así como emisiones fugitivas derivadas de pilas de carbón, tratamiento de aguas residuales, torres de enfriamiento, plantas de procesamiento de gas, etc.

2.6.4.2. Seleccionar un método de cálculo de emisiones de GEI

Las empresas deben utilizar el método de cálculo más exacto que se encuentre a su disposición (datos de actividades y factores de emisión) y que sea apropiado dentro del contexto de su reporte (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.4.3. Recolectar datos sobre sus actividades y elegir factores de emisión

La recolección de datos sobre actividades de la empresa permite definir y clasificar las emisiones de GEI según el tipo de alcance 1, 2 y 3. Para calcular las emisiones de GEI es mediante la aplicación de factores de emisión documentados. Estos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión. Los lineamientos del IPCC aluden a una jerarquía de métodos y tecnologías de cálculo que van de la aplicación de factores genéricos de emisión al monitoreo directo (IPCC, 2006).

2.6.4.4. Aplicar herramientas de cálculo

Existen dos categorías principales de herramientas de cálculo (WBCSD-WRI, 2004):

a) **Herramientas intersectoriales:** aplicadas a distintos sectores. Estas incluyen: combustión fija, combustión móvil, uso HFC en refrigeración y aire acondicionado, e incertidumbre en la medición y estimación.

b) **Herramientas sectoriales:** diseñadas para calcular emisiones en sectores específicos, como aluminio, hierro y acero, cemento, petróleo y gas, pulpa y papel, organizaciones basadas en oficinas, etc.

2.6.4.5. Enviar los datos de emisiones de GEI a nivel corporativo

Para reportar las emisiones totales de una corporación, las empresas necesitan recopilar y condensar los datos cuidadosamente para minimizar la carga del reporte, reducir el riesgo de los errores y obtener datos de manera consistente y previamente aprobada. Para el reporte interno a nivel corporativo, se recomienda utilizar formatos de reporte estandarizados para asegurar que los datos recibidos de las distintas unidades de negocios, plantas o instalaciones sean comparables, y que las normas de reporte interno sean cumplidas. Los formatos estandarizados pueden reducir significativamente el riesgo de errores (WBCSD-WRI, 2004).

2.6.5. Gestión de la calidad del reporte

Las empresas tienen diversas razones para gestionar la calidad de su inventario de emisiones de GEI, como la identificación de oportunidades de mejora en su desempeño, demandas específicas de diferentes partes involucradas o la preparación de la entrada en vigor de regulaciones. La ECCR reconoce que tales razones están en función de los propios objetivos y expectativas de la empresa, los cuales deben orientar el diseño de su inventario corporativo, la instrumentación de un sistema de gestión de calidad y el tratamiento adecuado de incertidumbre en el inventario. En contraste, la práctica regular o estándar en la mayoría de los estudios científicos sobre emisiones de GEI u otras sustancias es reportar datos cuantitativos con sus respectivos límites de error o incertidumbre (WBCSD-WRI, 2004).

Existen 2 tipos de incertidumbres (WBCSD-WRI, 2004):

- a) **Incertidumbre científica:** la incertidumbre científica surge cuando la ciencia de los procesos existentes de emisión y/o remoción de GEI no ha sido comprendida por completo.

- b) **Incertidumbre de la estimación:** la incertidumbre de la estimación surge cada vez que se cuantifican emisiones de GEI. Por lo tanto, todas las estimaciones sobre emisiones o remoción están asociadas a la incertidumbre de la estimación.

2.6.6. Contabilidad de reducciones de emisiones de GEI

Los reportes voluntarios de emisiones de GEI resultan cada vez más esenciales para las empresas las cuales ayudan a comprender las implicaciones de contabilizar los cambios de sus emisiones de GEI a través del tiempo, por una parte y, por la otra parte, contabilizar las compensaciones o créditos que resulten de proyectos de reducción de emisiones de GEI (WBCSD-WRI, 2004).

Un inventario corporativo de GEI consistente y bien diseñado puede contribuir a varios objetivos empresariales, incluyendo:

- a) Gestión de riesgos asociados a los GEI e identificación de oportunidades de reducción.
- b) Reportes públicos y participación de programas voluntarios de GEI.
- c) Participación en programas de reporte obligatorio.
- d) Participación en mercados de GEI.
- e) Reconocimiento a acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.

2.7. Factor de emisión

El factor de emisión permite estimar emisiones de GEI a partir de los datos de actividades disponibles (como toneladas de combustible consumido, toneladas de producto producido) y emisiones totales de GEI (IPCC, 2006). Para (Barreda y Polo, 2012) el factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante y una unidad de actividad emitido a la atmósfera. Según (WBCSD-WRI, 2004) se deben utilizar factores de emisión documentados y es mejor utilizar los factores locales.

Según la metodología establecida por el IPCC, al momento de seleccionar los factores a utilizar, es necesario establecer el nivel de especificación de la información recolectada, para identificar qué factores de emisión son propios de cada país y cuales pudiesen proceder de fuentes internacionales, si es que éstos factores no estuviesen determinados a nivel nacional (IPCC, 2006).

Las directrices desarrolladas por el IPCC proporcionan una guía metodológica con el fin de evaluar mediante un inventario de gases de efecto invernadero la comprensión del riesgo del cambio climático provocado por las actividades humanas, evaluando sus posibles repercusiones en el medio ambiente, las posibilidades de adaptación, los cambios que requieren y la forma de atenuar los cambios climáticos en general (Castañeda y Ramos, 2013).

El abordaje metodológico simple y más común para la estimación de GEI consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominado datos de la actividad o AD, del inglés “activity data”) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria. Se los denomina factores de emisión (EF, del inglés, “emission factors”). Por consiguiente, la ecuación básica es (WBCSD-WRI, 2011):

$$\text{Emisiones} = \text{AD} * \text{EF}$$

Dónde:

AD : Datos de la actividad.

EF : Factores de emisión.

2.8. Compensaciones de carbono

La compensación de carbono es una medida encaminada a compensar la liberación de GEI almacenando o evitando las emisiones de una cantidad determinada de CO₂ en la atmósfera para compensar las emisiones de terceros y/o en otros lugares. Las compensaciones negociables con un valor monetario también se conocen como créditos de carbono, considerando que un crédito de carbono equivale a una tonelada métrica de CO₂. Asimismo, señalan que las compensaciones y los créditos de carbono deben demostrar que el proyecto haya conducido a la reducción o eliminación de emisiones de GEI en adición a las que hubieran ocurrido en su ausencia (Reed y Ehrhart, 2007).

La compensación voluntaria de emisiones de CO₂ consiste en la aportación voluntaria de una cantidad económica denominado compra de créditos de carbono la cual es proporcional a las toneladas de CO₂ emitidas de un proyecto en un país en vías de desarrollo que persigue específicamente por un lado captar una cantidad de toneladas de CO₂ equivalente a la generada en una actividad, mediante la puesta en práctica de un proyecto de sumidero de carbono por forestación o reforestación y por otra lado evitar la emisión de una cantidad de toneladas de CO₂ equivalente a la generada en una actividad por medio de un proyecto de ahorro o eficiencia energética, de sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, tratamiento de residuos o de deforestación evitada (ECODES, 2016).

Las emisiones de gases de efecto invernadero pueden ser compensadas por los sumideros naturales como áreas boscosas, cuerpo de agua y suelos y por la producción de compost generado en la planta de tratamiento de aguas residuales. La fijación de carbono por la cobertura boscosa ocurre a través de la fotosíntesis. Este proceso es un mecanismo fundamental de regeneración de oxígeno molecular a partir de dióxido de carbono y agua, la importancia de las áreas boscosas radica en este proceso y su

mantenimiento beneficia disminuyendo el impacto de las emisiones de GEI (Rodas, 2014).

Las plantas y los árboles fijan el dióxido de carbono (CO₂) por fotosíntesis y almacenan el carbono (cerca de la mitad de la materia seca de la planta es carbono). Según cuenta en un análisis en la revista Science, Christian Körner, del Instituto de Botánica de la Universidad de Basilea, explica que la compensación por parte de los árboles del aumento del CO₂ atmosférico solo es cierta si la entrada de carbono excede a la salida de carbono y, además, la diferencia en estos flujos de carbono debe permanecer almacenada durante cientos de años. Por ejemplo, si los árboles sufren un cambio ambiental estimulante del crecimiento, esto efectivamente podría resultar en una ganancia transitoria en el almacenamiento de carbono, pero iría seguida por una ola de liberación de carbono a medida que los árboles crecen y mueren. Por lo tanto, a menos que la longevidad del árbol se mantenga o amplíe, un crecimiento más rápido no da lugar a un mayor secuestro de carbono. Las maneras más efectivas de mejorar el almacenamiento de carbono forestal son evitar la tala de bosques antiguos y extender las áreas forestales actuales. Una vez que estos nuevos bosques alcancen su capacidad de almacenamiento, no secuestrarán carbono adicional, independientemente de la velocidad con que los árboles crezcan y absorban el carbono. Además el climatólogo James Hansen, profesor de la Universidad de Columbia, dijo que es importante mejorar las prácticas agrarias y forestales para atrapar más carbono en la biosfera», aunque «si no reducimos nuestras emisiones no servirá de nada» (Acosta, 2017).

2.9. Inventario de emisiones de GEI en el Perú

La contribución del Perú a las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) globales es menor a 1 por ciento. Sin embargo, entre el 2001 y el 2010, la economía peruana creció a una tasa anual de alrededor del 6 por ciento. Durante ese mismo periodo, las emisiones de GEI crecieron en un 15 por ciento aproximadamente como resultado de múltiples factores, como la deforestación, aumento de la producción agroindustrial, el cambio de la matriz energética, el consumo de la flota automotriz, entre otros (MINAM, 2014). Según el Banco Mundial, la contribución de Perú en los aportes de emisiones de CO₂ per cápita a nivel mundial es relativamente baja siendo de

1,9 tCO₂, considerando sólo las emisiones de CO₂ por combustión de hidrocarburos a nivel mundial.

Según el Primer Informe Bienal de Actualización del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (MINAM, 2014). En el Perú se ha realizado tres inventarios nacionales de GEI con años base 1994, 2000 y 2010, los cuales han permitido identificar y cuantificar los sectores con las mayores emisiones con el fin de promover esfuerzos nacionales de mitigación con los que el país puede y debe contribuir a la meta global de lucha contra el cambio climático.

En la tabla 2 se muestra un incremento de sus emisiones GEI a lo largo de los años debido al crecimiento de la economía y de la población del país, entre otras razones. En términos cuantitativos, el mayor incremento entre el inventario de 1994 y el 2010 se ha dado en el sector de energía (18.451,24 GgCO₂ e/año) seguido por el sector agricultura (3.242,37 GgCO₂ e/año) mientras que, en términos cualitativos, el sector que ha crecido más es el de desechos (180 por ciento) seguido por el de energía (83 por ciento). El sector energía, ha sufrido incrementos de emisiones de GEI consecutivos en ambos periodos (1994 - 2000 y 2000 - 2010) en el orden de 15 por ciento y de 60 por ciento respectivamente (MEM, 2012).

Tabla 2: Inventarios nacionales de GEI para los años base 1994, 2000 y 2010

Sectores	Año 1994	Año 2000	Año 2010	Variación porcentual de GEI		
				1994-2000	2000 – 2001	1994-2010
	(GgCO ₂ e/año)					
Energía	22.154	25.400	40.605	15	60	83
Procesos industriales	3.621	7.917	6.274	119	-21	73
Agricultura	22.809	22.547	26.051	-1	16	14
Desechos	2.736	3.700	7.660	35	107	180

FUENTE: MINAM (2014).

2.10. Experiencias del cálculo de huella de carbono

La preocupación sobre el cambio climático ha existido en las universidades y en los campus universitarios durante décadas. Sin embargo, es sólo en los últimos años que las instituciones de educación superior han reconocido este problema como propio y comenzado a tomar acciones al respecto, realizando análisis del ciclo de vida, huella de carbono o huella ecológica o, simplemente, estableciendo planes de mejora de la gestión medioambiental con el objetivo de reducir al mínimo sus emisiones (Mondéjar *et al.*, 2011).

2.10.1. Perú

En el Perú, son varias las empresas que han cuantificado su huella de carbono y han reducido sus costos; entre ellas está la reducción de emisiones de GEI en un parque temático (Burga y Ordoñez, 2014) y otro estudio en una empresa de transformación de madera (Pinillos y Díaz, 2012) entre otros.

Asimismo en el año 2009 el MINAM entidad del estado encargada de velar por el desarrollo sostenible del país cuantificó y dió a conocer su propia contribución con el cambio climático a través del cálculo de su propio inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. El MINAM, durante las actividades realizadas durante el año 2009 ha generado un total de 674,64 tCO₂e. Considerando que el MINAM para este año contó con 188 trabajadores, se ha determinado una emisión anual per cápita de 3,6 tCO₂e/persona. La fuente que más emisiones generó son los viajes aéreos nacionales con una participación del 42,23 por ciento de todas las emisiones GEI y que pertenece al alcance 3. El transporte de los trabajadores de su casa al trabajo y viceversa es la segunda fuente con mayor cantidad de emisiones, representando un 20,49 por ciento del total de emisiones y que pertenece al alcance 3 (MINAM, 2010).

En el año 2014, en la ciudad de Lima se realizó la Vigésima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y la Décima Reunión de las Partes del Protocolo de Kyoto (COP20/CMP10) donde se llevó a cabo

del 1 al 12 de diciembre del 2014 en Lima, en la sede del Cuartel General del Ejército del Perú, albergó a 14.632 participantes provenientes de 194 países donde requirió una logística sin precedentes en la que incluyó el diseño, montaje, habilitación y equipamiento de un espacio de más de 90.000m² de extensión. El gobierno peruano, comprometido con los esfuerzos globales de mitigación, tomó la decisión de neutralizar los GEI que se generaron antes, durante y después de la realización de la COP20/CMP10. Para ello, el Estado peruano, a través del Ministerio del Ambiente, realizó el cálculo, verificación y neutralización de la huella de carbono de la COP20/CMP10 en coordinación con empresas privadas especializadas en el cálculo y verificación de la huella de carbono. A2G y AENOR, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) y organismos no gubernamentales que ejecutan proyectos REDD+ en la Amazonía peruana. Para el cálculo de la huella de carbono se consideraron los estándares del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), Directrices 2006 del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero e ISO 14064. La huella de carbono de la COP20/CMP10 resultó 39.664 tCO₂e, siendo la fuente “viajes aéreos de participantes” la que generó más emisiones de GEI 81 por ciento del total (COP20, 2015).

Asimismo a nivel institucional, la Universidad de San Martín de Porres se convirtió el año pasado en el primer campus carbono neutro en el Perú. Las emisiones de GEI, generadas en el desarrollo de sus actividades en su campus de Santa Anita, fueron de 1.930 toneladas e incluyeron el consumo de energía eléctrica, agua, papel, viajes y transportes. Estas emisiones fueron calculadas en base a los lineamientos internacionales del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y las Guías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (V Foro Nacional de Gestión Ambiental Universitaria, 2014). Por otra parte la Universidad Católica de San Pablo en Arequipa concluyó que entre sus principales actividades generadoras de gases de efecto invernadero son: el consumo de combustibles por el uso de vehículos institucionales, el consumo de combustibles en el transporte de los miembros de la comunidad universitaria hacia y desde el campus (Barreda y Polo, 2012).

2.10.2. Otros países

Según (Mondejar *et al.*, 2011), cada vez son más las universidades a nivel internacional volcadas con la idea de mitigar sus emisiones y reforzar su compromiso con el medio ambiente. De los casos encontrados a nivel internacional se observa la comparación en términos de emisión por sectores incluyendo el transporte de la comunidad universitaria.

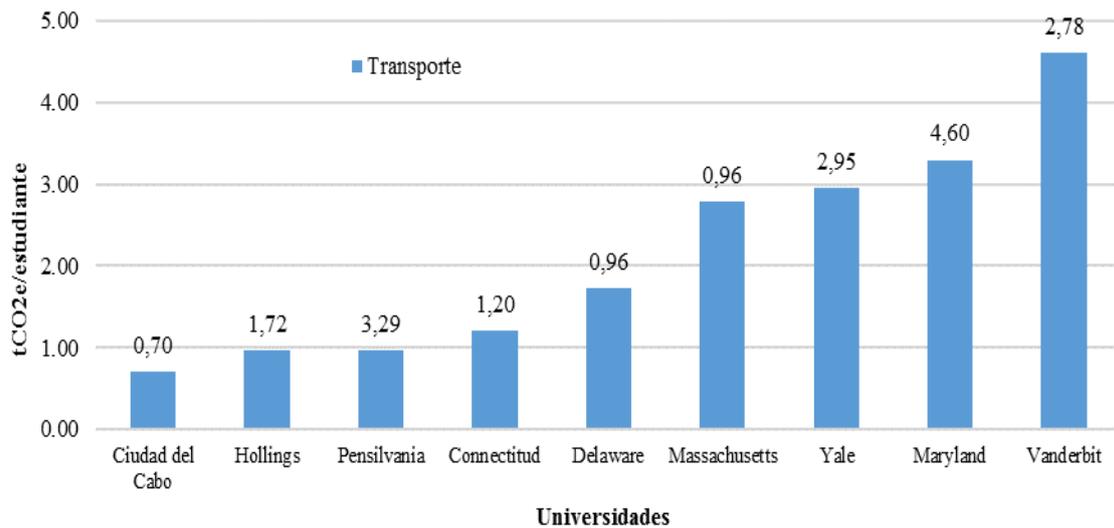


Figura 1: Emisión per cápita de transporte de la comunidad universitaria en las diferentes universidades

FUENTE: Letete, *et al.*, (2010).

En la figura 1 se muestra las emisiones per cápita generadas por los desplazamientos de la comunidad universitaria de las diferentes universidades. En cada caso, se realizaron las estimaciones de las emisiones a partir de encuestas realizadas a la comunidad universitaria.

Tabla 3: Comparación de emisiones de CO₂ totales y per cápita por el desplazamiento de la comunidad universitaria

Universidad /País	Año	Población de estudio	Componentes incluidos en las emisiones	Porcentaje de medios de transporte	Total de emisiones (tCO ₂ e)	Emisiones per cápita (tCO ₂ e)
Ciudad del Cabo ^a (Sudáfrica)	2007	21.230 (estudiantes, docentes y personal administrativo)	Desplazamiento de los estudiantes y empleados en transporte público, transporte privado y transbordos.	42% transporte privado 33% transporte contratado, 16% bicicleta/a pie 3% tren, 3% taxi 2% motocicleta, 1% bus	11.837,2	0,56
Montfort ^b (Reino Unido)	2009	21.585 estudiantes 3.995 trabajadores 842 personal administrativo	Desplazamientos diarios de los estudiantes, docentes y trabajadores	vehículo privado, vehículo compartido, bus, tren, taxi, a pie, motocicleta, bicicleta	9.477	0,36
Tongji ^c (China)	2012	19.000 estudiantes pregrado 28.000 estudiantes posgrado 6.000 (miembros docentes y trabajadores)	Desplazamientos diarios en diferentes modos de transporte de estudiantes, docentes y trabajadores	bus, tren, vehículo privado, bicicleta	12.720	0,24

Tabla 3: (... continuación)

Universidad /País	Año	Población de estudio	Componentes incluidos en las emisiones	Porcentaje de medios de transporte	Total de emisiones (tCO ₂ e)	Emisiones per cápita (tCO ₂ e)
Córdoba ^e (Argentina)	2013	15.586 alumnos	Movilidad de los alumnos, docentes , personal administrativo y de servicio	27,1% a pie, 22,9% turismos, 21,3% autobús, 19,8% tren, 6,5% bicicleta, 3,4% moto	2.181,72	0,09
		2.129 personal docente, personal administrativo y de servicio		35,9% turismos gasóleo, 18,4% turismos gasolina, 19,8% tren, 16,7% a pie, 7,2% bicicleta, 6,5% autobus, 4,8% moto, 2,1% bicitren		0,33
Pontificia Católica de Chile ^d (Chile)	2013	Estudiantes				1,00
		Académicos	Viajes de transporte de la comunidad desde y hacia el campus	64% auto, 25% transporte público, 6% a pie, 5% bicicleta	27.640,92	0,61
		Personal administrativo				0,38

FUENTE: Elaboración propia.

^a Los datos son tomados del estudio de la huella de carbono de la Universidad Ciudad del Cabo 2007, (Letete, *et al.*, 2010).

^b Los datos son tomados del estudio Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study, (Ozawa-Medida, *et al.*, 2011).

^c Los datos son tomados del estudio Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China (Xiwang, *et al.*, 2015).

^d Los datos son tomados del estudio de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Córdoba 2013, (De Toro, *et al.*, 2014).

^e Los datos son tomados del estudio del reporte huella de carbono 2013 de la Pontificia Universidad Católica de Chile, (Santelices, *et al.*, 2014).

En la tabla 3, se presenta una comparación de emisiones per cápita de diferentes universidades procedentes por el desplazamiento de la comunidad universitaria hacia la universidad. Cabe destacar que no se puede realizar un análisis comparativo entre instituciones, debido a la diferencia que existe entre las metodologías y los parámetros considerados por cada una a la hora de realizar el proceso estimativo de emisiones de GEI.

2.11. Experiencias de compensación de la huella de carbono

2.11.1. Perú

La Universidad de San Martín de Porres, asumiendo el reto y compromiso de reducir sus impactos ambientales, recibió el certificado del cálculo de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (1.930 tCO₂e) y el certificado de neutralización climática por parte de la empresa A2G Carbon Partner correspondiente al desarrollo de sus actividades en el campus de Santa Anita. De esta manera la Universidad de San Martín de Porres se convierte en la primera universidad a nivel nacional en contar con un campus carbono neutral compensado con la inversión en el proyecto de reforestación de 1.450 hectáreas de áreas de pastura en la Sociedad Agrícola de Interés Social “José Carlos Mariátegui” – Proyecto Joven Forestal de Cajamarca. De esta manera se convierte en la segunda universidad a nivel de Latinoamérica en contar con un campus carbono neutral (Perú 2021, 2013).

En el año 2014 se llevó a cabo la Vigésima Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático realizada en la ciudad de Lima. Para la realización de la COP20 en Lima fue necesaria una logística sin precedentes que incluyó el diseño, montaje, habilitación y equipamiento de un espacio de más de 90 mil m², que albergó a más de 14 mil participantes, provenientes de 194 países. Las actividades desarrolladas antes, durante y después reportaron un total de 39.664 toneladas de CO₂ equivalentes, que fueron compensadas gracias a los proyectos REED+ implementándose en cuatro áreas naturales protegidas. El Dr. Pedro Gamboa, Jefe del SERNANP indicó que esto "es un hito porque es la primera vez que se

neutralizan las emisiones de GEI de una COP y además se beneficia a las Áreas Naturales Protegidas y a las poblaciones locales". De acuerdo a los cálculos realizados por el SERNANP, gracias a los proyectos REDD+ en estas cuatro ANP se han acreditado 8 millones 700 mil bonos de carbono, equivalentes a unas 228 mil hectáreas de área no deforestada (Conservación Internacional Perú, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

- Registros del consumo de combustible de la flota de buses de la universidad.
- Formato de lista de identificación de fuentes móviles de emisión de GEI.
- Formato de entrevista al encargado de las unidades de transporte de la universidad.
- Formato de encuesta a la comunidad universitaria.
- Hoja de cálculo y herramientas de Excel.

3.2. Métodos

La estimación de la huella de carbono se realizó en base a la metodología establecida en el siguiente documento:

- Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (WBCSD-WRI, 2004).

Además, se utilizaron otros documentos complementarios para la estimación de la huella de carbono.

- Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de la Cadena de Valor (WBCSD-WRI, 2011).
- Factores de emisión del IPCC (IPCC, 2006) y del DEFRA (DEFRA, 2016).

Los gases de efecto invernadero considerados en la estimación de la huella de carbono proveniente de fuentes móviles son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

3.2.1. Determinación de los límites organizacionales

Los límites organizacionales para efectos del presente trabajo se definieron a través del enfoque de control operacional, lo que implica que el control de las políticas operativas es hecho por parte de la institución.

3.2.2. Determinación de los límites operacionales

Para este trabajo se consideraron los límites operacionales provenientes de las emisiones de fuentes móviles clasificadas en el alcance 1 y 3, tal como se describen a continuación:

- Alcance 1: Emisiones directas de GEI por el consumo de combustibles fósiles utilizados por la flota de buses de la universidad.
- Alcance 3: Emisiones indirectas de GEI por la distancia media recorrida para el transporte de casa al campus.

3.2.3. Elección de un año base

Se eligió el año 2016 como año base ya que no se cuenta con datos históricos de cálculo de la huella de carbono proveniente de fuentes móviles para el desplazamiento hacia el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2.4. Identificación de fuentes y estimación de emisiones de GEI

3.2.4.1. Método y tipo de muestra para la toma de encuesta

Para determinar el tamaño de la muestra del estudio (número de encuestas) se recolectó la información del tamaño de la población (estudiantes pregrado, posgrado, docentes y personal administrativo) correspondiente al año 2016, dicha información fue proporcionada por la Oficina de Estudios Académica y la Oficina de Personal Administrativo (ver tabla 4).

Para el cálculo de la muestra en poblaciones donde la variable de estudio es cualitativa, se utiliza la siguiente expresión estadística (Aguilar-Barojas, 2005):

Ecuación 1: Cálculo del tamaño de la muestra en estudio

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(N - 1) E^2 + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

- n : Tamaño de la Muestra
- N : Tamaño de la población
- Z : Nivel de confianza del cual se desea hacer la investigación (1,96 para un nivel de confianza al 95%)
- P : Proporción esperada de ocurrencia de un evento (0,5 cuando no se conoce)
- Q : Proporción esperada de no ocurrencia de un evento (1-P)
- E : Error muestral o precisión

Se realizó el cálculo del tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 95 por ciento, y un error de estimación del 5 por ciento. Reemplazando los valores de la población en la ecuación 1, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4: Tamaño de muestra por estamentos de la comunidad universitaria

Estamentos de la Comunidad Universitaria	Tamaño de población	Tamaño de muestra
Estudiantes pregrado	5.195	358
Estudiantes posgrado	1.314	297
Docentes	404	197
Personal Administrativo	481	214
Total	7.394	1.066

FUENTE: Elaboración propia.

En base a las muestras por estamentos, se realizaron la determinación de las muestras estratificadas (ver tabla 5 y 6).

Tabla 5: Tamaño de muestra según la población de estudiantes de pregrado

Facultades	Especialidad	Población de estudiantes pregrado	Muestra (%)	Número de encuestas
Ciencias	Biología	332	6	23
	Ingeniería Ambiental	316	6	22
	Meteorología	155	3	11
Agronomía	Agronomía	1071	21	74
Industrias Alimentarias	Ingeniería en Industrias Alimentarias	545	10	38
Ciencias Forestales	Ingeniería Ciencias Forestales	423	8	29
Pesquería	Ingeniería Pesquera	410	8	28
Zootecnia	Zootecnia	502	10	35

Tabla 5: (... continuación)

Facultades	Especialidad	Población de estudiantes pregrado	Muestra (%)	Número de encuestas
Economía y Planificación				
	Economía	323	6	22
	Estadística	270	5	19
	Informática			
	Ingeniería en Gestión Empresarial	343	7	24
Ingeniería Agrícola	Ingeniería Agrícola	505	10	35
Total		5.195	100	358

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 6: Tamaño de muestra según la población de estudiantes de posgrado

Estamento según posgrado	Especialidad	Población de Estudiantes posgrado	Muestra (%)	Número de encuestas
Maestría				
	Acuicultura	10	1	2
	Administración	43	3	10
	Agricultura sustentable	15	1	3
	Agronegocios	76	6	17
	Bosques y gestión de recursos forestales	33	3	7
	Ciencias ambientales	233	18	53
	Conservación de recursos forestales	17	1	4
	Ecología aplicada	25	2	6
	Economía agrícola	9	1	2

Tabla 6: (...continuación)

Estamento según posgrado	Especialidad	Población de Estudiantes posgrado	Muestra (%)	Número de encuestas
Maestría				
	Economía de los recursos naturales y del ambiente	28	2	6
	Ecoturismo	50	4	11
	Entomología	13	1	3
	Estadística aplicada	91	7	21
	Fitopatología	19	1	4
	Gestión integral de cuencas hidrográficas	38	3	9
	Horticultura	7	1	2
	Ingeniería de recursos hídricos	1	0	0
	Innovación agraria para el desarrollo rural	11	1	2
	Manejo integrado de plagas	22	2	5
	Mejoramiento genético de plantas	21	2	5
	Meteorología aplicada	18	1	4
	Nutrición	42	3	10
	Nutrición pública	22	2	5
	Producción agrícola	48	4	11
	Producción animal	40	3	9
	Recursos hídricos	108	8	24
	Riego y drenaje	8	1	2
	Suelos	28	2	6
	Tecnología de alimentos	42	3	10
Doctorado				
	Agricultura Sustentable	61	5	14

Tabla 6: (...continuación)

Estamento según posgrado	Especialidad	Población de Estudiantes posgrado	Muestra (%)	Número de encuestas
Doctorado				
	Ciencia Animal	40	3	9
	Ciencias de Alimentos	12	1	3
	Ciencias e Ingeniería Biológicas	15	1	3
	Economía de los Recursos Naturales	8	1	2
	Ingeniería y Ciencias Ambientales	24	2	6
	Nutrición	12	1	3
	Recursos Hídricos	24	2	5
Total		1314	100	297

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 7: Tamaño de muestra según la población de docentes

Facultades	Población de Docentes	Muestra (%)	Número de encuestas
Ciencias	86	21	42
Agronomía	66	16	32
Industrias Alimentarias	28	7	14
Ciencias Forestales	36	9	18
Pesquería	29	7	14
Zootecnia	41	10	20
Economía y Planificación	73	18	36
Ingeniería Agrícola	45	11	22
Total	404	100	197

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.4.2. Identificación de fuentes móviles de emisión de GEI

Se realizaron la identificación de las fuentes móviles de emisión de GEI de acuerdo a los límites organizacionales y operacionales. Para el caso de la identificación de las emisiones directas e indirectas se utilizó el formato de “Lista de Identificación de Fuentes de Emisión de GEI” y el formato de entrevista al personal encargado de las unidades de transporte de la universidad (ver anexo 1 y anexo 2). En el caso de las emisiones indirectas se realizó una encuesta a la comunidad universitaria (ver anexo 3). Las fuentes móviles se han clasificado dentro de los alcances establecidos en el Protocolo de GEI (WBCSD-WRI, 2011):

Tabla 8: Fuentes de emisión por alcance

	Alcance 1	Alcance 3
Fuente Móvil	- Flota de buses de la UNALM	-Movilidad de los miembros de la comunidad universitaria, transporte público y no motorizado
Método de cálculo	-Consumo de combustible	-Distancia media recorrida

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.4.3. Estimación de las emisiones directas de GEI (alcance 1) por el consumo de combustible

Se recopilaron los registros de consumo mensual de los combustibles que utiliza la flota de buses de la universidad de los meses de marzo, mayo y junio del año 2016. En base a ello, se obtuvo un consumo mensual promedio para los semestres 2016 I y II. Los datos de consumo de combustible (m^3) se convirtieron a kilogramos (kg) tomando como referencia el valor de la densidad del GNV indicado en la tabla 9.

Tabla 9: Valor calórico neto y densidad del GNV

Tipo de combustible	Valor calórico neto (GJ/kg) ^a	Densidad (kg/m ³) ^b
GNV	0,048	0,65

FUENTE: Elaboración propia.

^a El dato del valor calórico neto (GJ/kg) es tomado como referencia del IPCC (2006).

^b El dato de la densidad (kg/m³) es tomado como referencia de la Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular (2016).

Luego, se multiplicó los kilogramos de combustible por su valor calórico neto (ver tabla 9). A continuación, se multiplicó de forma separada el valor resultante por cada uno de los factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O (ver tabla 10) y por su respectivo potencial de calentamiento global (PCG) (ver tabla 11).

Tabla 10: Factor de emisión por defecto del GNV para fuentes móviles de combustión

Tipo de combustible	kg CO ₂ / GJ	kg CH ₄ / GJ	kg N ₂ O / GJ
GNV	56	0,092	0,003

FUENTE: IPCC (2006).

Tabla 11: Potencial de calentamiento global (PCG) de los principales GEI

GEI	PCG
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

FUENTE: IPCC (2014).

Finalmente, con la sumatoria de dichas multiplicaciones se obtuvo el total de emisiones de GEI expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO₂e) producidas por la actividad. Todo el procedimiento anteriormente expuesto se resume en la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

Ecuación 2: Cálculo de emisiones directas de GEI (t CO₂e)

$$ED = \sum \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_c)}{10^3} + \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_m \times PCG_m)}{10^3} + \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_o \times PCG_o)}{10^3}$$

Dónde:

ED : Emisiones Directas de GEI, en t CO₂e

CU_i : Combustible utilizado, en kg.

VCN_i : Valor Calórico Neto del combustible utilizado, en GJ/kg

FE_c : Factor de Emisión de CO₂ del combustible utilizado, en kgCO₂/GJ

FE_m : Factor de Emisión de CH₄ del combustible utilizado, en kgCH₄/GJ

FE_o : Factor de Emisión de N₂O del combustible utilizado, en kgN₂O/GJ

PCG_m : Potencial de Calentamiento Global del CH₄

PCG_o : Potencial de Calentamiento Global del N₂O

3.2.4.4. Estimación de las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) por la distancia recorrida desde casa al campus de la universidad

Para estimar las emisiones indirectas de GEI generadas por los medios de transporte empleados por la comunidad universitaria (alcance 3) se realizaron encuestas. Estas incluyeron preguntas sobre el recorrido y tiempo promedio que emplean los miembros de la comunidad universitaria para su desplazamiento hacia el campus UNALM, el medio de transporte utilizado, el distrito de origen del desplazamiento, trayectos, características de los vehículos, entre otras (ver anexo 3).

De acuerdo a la información recopilada en las encuestas, se calculó las distancias recorridas por la comunidad universitaria a través de la herramienta de Google Maps, luego se multiplicaron con los factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O de acuerdo al tipo de transporte (ver tabla 12) y finalmente se determinaron las emisiones totales de GEI generadas por el transporte de la comunidad universitaria hacia la universidad a través de la siguiente ecuación (WBCSD-WRI, 2011):

Ecuación 3: Cálculo de emisiones indirectas de GEI (t CO₂e)

$$OEI_t = \sum \frac{DR_i \times FE_c}{n} + \left(\frac{DR_i \times FE_m}{n} \right) \times PCG_m + \left(\frac{DR_i \times FE_o}{n} \right) \times PCG_o$$

Dónde:

- OEI_t : Otras Emisiones Indirectas de GEI por transporte casa-universidad, en tCO₂e
- DR_i : Distancia recorrida por persona, en km
- FE_c : Factor de Emisión de CO₂ del vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria, en kgCO₂/km
- FE_m : Factor de Emisión de CH₄ del vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria, en kgCH₄/km
- FE_o : Factor de Emisión de N₂O del vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria, kgN₂O/km
- PCG_m : Potencial de Calentamiento Global del CH₄
- PCG_o : Potencial de Calentamiento Global del N₂O
- n : Número de pasajeros que ocupa el vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria para el transporte de su casa a la universidad

Se ha tenido en cuenta el número de pasajeros que ocupen el medio de transporte, ya que este factor influyen en las emisiones de GEI, por tal motivo es necesario incluir la variable “n” en la ecuación pues se entiende que cada pasajero comparte un porcentaje de las emisiones de GEI del vehículo de transporte del que hacen uso. Por lo tanto, solo se le puede atribuir al miembro de la comunidad universitaria una fracción de las emisiones de GEI del vehículo de transporte en el tramo de su casa al campus de la universidad, la cual para fines prácticos, fue equivalente a dividir la emisión total calculada en un determinado tramo entre el número de pasajeros que ocupa el vehículo de transporte (WBCSD-WRI, 2011).

En el caso de los vehículos de transporte masivo, la capacidad de pasajeros se consideró igual a la establecida por el Proyecto de Bus Patrón de la Municipalidad de Lima y según lo establecido por la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ver anexo 4). En ausencia de factores de emisión nacionales por tipo de transporte, se

tomaron de los reportes publicados por distintas organizaciones reconocidas. En la tabla 12, se muestran los factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por tipo de vehículo.

Tabla 12: Factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por tipo de vehículo

Medio de Transporte	Unidad	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	kg CO ₂ e	Fuente
Motocicleta	km	0,117	0,0022	0,00058	0,11978	DEFRA 2016
Mototaxi a diesel	km	0,08499	0,00207	0,0003	0,08736	DEFRA 2016
Taxi	km	0,1856	0,00019	0,00116	0,18695	DEFRA 2016
Colectivo	km	0,1856	0,00019	0,00116	0,18695	DEFRA 2016
Combi	km	0,25529	0,00057	0,00147	0,25733	DEFRA 2016
Auto promedio a gasolina	km	0,15942	0,00035	0,0005	0,16027	DEFRA 2016
Auto promedio a diesel	km	0,18115	0,00001	0,00191	0,18307	DEFRA 2016
Auto promedio a GLP	km	0,20005	0,00008	0,00064	0,20077	DEFRA 2016
Auto promedio a GNV	km	0,17748	0,00177	0,00064	0,17989	DEFRA 2016
Minivan a diesel	km	0,15249	0,00002	0,00187	0,15438	DEFRA 2016
“Coaster”	km	0,90374	0,1165	0,000007	1,02025	Escobar 2014
Bus a diesel	km	0,90374	0,1165	0,000007	1,02025	Escobar 2014
Corredor Complementario	km	0,224	0,00029	0,00004	0,22433	Escobar 2014
Metropolitano	km	0,2688	0,00034	0,00004	0,26918	Escobar 2014
Bicicleta	km	0,0	0,0	0,0	0,0	DEFRA 2016
Camina	km	0,0	0,0	0,0	0,0	DEFRA 2016
Metro de Lima	km por pasajero	0,05331	0,00005	0,00027	0,05364	DEFRA 2016

FUENTE: Elaboración propia

Se tomaron algunas consideraciones en los medios de transporte para la determinación de los factores de emisión. En relación al tipo de combustible, se ha considerado que las

combis y “coaster” utilizan diesel (Dawidowski, *et al* 2014), de la misma manera para efectos de cálculos se consideraran las mismas características para el transporte de taxi y colectivo. En los casos donde no se conoce la capacidad del motor se han considerado los factores de emisión promedio (DEFRA, 2016). Asimismo para el caso del Corredor Complementario y el Metropolitano se ha considerado como combustible el GNV según PROTRANSPORTE. En la tabla 12, se aprecia que el mayor valor del factor de emisión por unidad de CO₂e corresponde al tipo de transporte “coaster” y bus a diesel.

3.2.4.5. Estimación de las emisiones totales de GEI

Se calculó el total de emisiones de GEI provenientes de fuentes móviles de la comunidad universitaria utilizando la siguiente ecuación (IPCC 2006):

Ecuación 4: Estimación de emisiones totales de GEI (t CO₂e)

$$ET = ED + OIE$$

Dónde:

ET : Emisiones Totales de GEI, en t CO₂e

ED : Emisiones Directas de GEI, en t CO₂e (alcance 1)

OIE : Otras Emisiones Indirectas de GEI, en t CO₂e (alcance 3)

3.2.4.6. Estimación de la huella de carbono per cápita de la comunidad universitaria

Ecuación 5: Cálculo de la huella de carbono per cápita

$$HC = \frac{ET}{N}$$

Dónde:

HC : Huella de carbono per cápita de la comunidad universitaria, en tCO₂e

ET : Emisiones totales de GEI, en tCO₂e

N : Número total de personas que conforman la comunidad universitaria para el periodo evaluado

3.2.4.7. Medidas propuestas para la reducción y compensación de la huella de carbono

De acuerdo al análisis de los resultados de la huella de carbono, se han establecido alternativas de reducción y compensación de las emisiones directas (alcance 1) e indirectas (alcance 3) de GEI, teniendo en cuenta las proyecciones de la institución y el interés de la comunidad universitaria se tuvieron en cuenta algunos criterios de viabilidad:

- a) Económicos: dependiendo de la capacidad de inversión o financiamiento de la institución y su proyección en cuanto a reducir y/o compensación de la huella de carbono proveniente de fuentes móviles.
- b) Ambiental: las propuestas serán evaluadas de acuerdo al beneficio ambiental que contribuyan ya sea en la reducción o en la compensación de la huella de carbono.
- c) Tiempo: la implementación de las propuestas estará en función del logro de los objetivos de reducción y compensación ya sea de corto, mediano y largo plazo.
- d) Monitoreo: el presente estudio trazara la línea base de las emisiones de GEI de fuentes móviles utilizadas por la comunidad universitaria. En base a ello, se deberán realizar el seguimiento anual de los avances de los objetivos para la mitigación de la huella de carbono.

Los responsables de la aplicación de las medidas propuestas estarán a cargo de las partes involucradas de la comunidad universitaria. En el caso de las emisiones que deriven del alcance 1, las medidas de reducción estarán a cargo del área de transporte de

la universidad. Mientras en el alcance 3, los responsables de las medidas de reducción y compensación serán los miembros de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los límites organizacionales

Los límites organizacionales están conformados por la comunidad universitaria de la Universidad Nacional Agraria de la Molina, cuyo campus está ubicado en el distrito de La Molina (ver anexo 5).

La población sujeta a estudio fue la comunidad universitaria compuesta por:

- Estudiantes matriculados en el ciclo 2016-I y II (pregrado y posgrado).
- Docentes a tiempo completo de las diferentes facultades de la universidad (pregrado y posgrado).
- Personal administrativo en planilla que se desplazan diariamente al campus.

4.2. Determinación de los límites operacionales

Para este trabajo, se consideraron los límites operacionales provenientes de las emisiones de fuentes móviles clasificadas en el alcance 1 y 3 (ver anexo 5). A continuación se describen:

- a) Alcance 1:** se incluyeron las emisiones directas de GEI por consumo de combustibles fósiles de la flota de buses que son propiedad de la universidad o están bajo su control, que tienen su centro de administración en el campus central y que se utilizan para el traslado de la comunidad universitaria hacia el campus de la universidad.

b) Alcance 3: se incluyeron las emisiones indirectas de GEI que corresponden a fuentes móviles que no son propiedad de la universidad ni están bajo su control y es derivado del traslado de la comunidad universitaria hacia el campus de la universidad.

c) Exclusiones: en el presente estudio se ha excluido a los visitantes y a los subcontratas, ya que su influencia no es representativa en el aporte total de las emisiones, debido a que su desplazamiento hacia el campus universitario es esporádico.

4.3. Identificación de fuentes y estimación de emisiones de GEI

4.3.1. Identificación de fuentes móviles de emisión de GEI

Para determinar las fuentes móviles de emisión directa, se realizó un inventario de las unidades de transporte propiedad de la institución utilizada para el traslado de la comunidad universitaria hacia el campus. La información relativa a la flota fue brindada por el jefe de transporte del Área de Servicios Generales a través de una entrevista, en la cual se recopiló información con respecto al consumo y tipo de combustible utilizado, las rutas establecidas, el rendimiento de los buses, el modelo, entre otras características (ver anexo 1 y 2).

La UNALM cuenta con una flota de 10 buses destinados al traslado de la comunidad universitaria hacia el campus universitario, los cuales utilizan Gas Natural Vehicular (GNV). La capacidad de los buses es de 50 a 90 personas.

Para el caso de las emisiones indirectas, se obtuvo la información mediante la encuesta realizada a la comunidad universitaria donde indicaron los medios de transporte utilizados para el desplazamiento hacia la universidad.

4.3.1.1. Estimación de las emisiones directas de GEI (alcance 1) por el consumo de combustible

La información del consumo mensual (m³) de combustible de los buses de la universidad se obtuvo en base de los registros brindados por el jefe de transporte. En la siguiente tabla se muestra el consumo promedio de GNV para el año 2016.

Tabla 13: Consumo promedio de combustible del año 2016

Fuente de Emisión	Rutas		Consumo mensual promedio (m ³)	Consumo por dos semestres (m ³)	Peso (kg)
	1	2			
Bus Yutong					
	San Juan de Lurigancho	Caquetá	668,44	5.347,52	3.475,89
	Grau	Grau	617,05	4.936,37	3.208,64
	San Juan de Miraflores	San Juan de Miraflores	586,25	4.690,03	3.048,52
Bus Golden Dragon					
	Caquetá	Santa Anita	835,22	6.681,76	4.343,14
	San Juan de Lurigancho	San Juan de Lurigancho	722,74	5.781,88	3.758,22
	San Juan de Miraflores	San Juan de Miraflores	631,31	5.050,51	3.282,83
	Caquetá	Caquetá	579,77	4.638,19	3.014,82
	Caquetá	San Juan de Miraflores	742,18	5.937,44	3.859,34
	Javier Prado	Javier Prado	861,12	6.888,93	4.477,81
	Musa	Musa	560,61	4.484,85	2.915,15
Total			6.804,69	54.437,48	

FUENTE: Elaboración propia.

Los datos de consumo promedio de combustible (m³) son tomados de los registros mensuales de consumo de combustible de los buses.

Tabla 14: Emisiones de GEI para el alcance 1

Fuente de Emisión	Emisiones de GEI parciales			Emisiones de GEI totales		Participación (%)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	(kgCO ₂ e)	(tCO ₂ e)	
	(kg)	(kg)	(kg)			
Bus Yutong						
	9.359,87	15,35	0,50	9.892,77	9,89	10
	8.640,23	14,17	0,46	9.132,16	9,13	9
	8.209,05	13,46	0,44	8.676,42	8,68	9
Bus Golden Dragon						
	11.695,22	19,18	0,63	12.361,07	12,36	12
	10.120,14	16,60	0,54	10.696,32	10,70	11
	8.840,00	14,50	0,47	9.343,30	9,34	9
	8.118,31	13,31	0,43	8.580,52	8,58	9
	10.392,42	17,04	0,56	10.984,10	10,98	11
	12.057,84	19,77	0,64	12.744,34	12,74	13
	7.849,93	12,87	0,42	8.296,86	8,30	8
Total	95.283,01	156,26	5,10	100.707,8	100,71	100

FUENTE: Elaboración propia.

Las emisiones correspondientes al alcance 1 por consumo de combustible fueron 100,71 tCO₂e y representan el 7 por ciento del total de emisiones, considerando los dos semestres del año. Según la tabla 14, se observa que el bus de la ruta Javier Prado emite mayor GEI representando el 13 por ciento de las emisiones de este alcance. Los cálculos completos se pueden visualizar en el anexo 6.

A continuación en la figura 2, podemos observar la relación directa que existe entre el consumo de combustible y las emisiones de GEI.

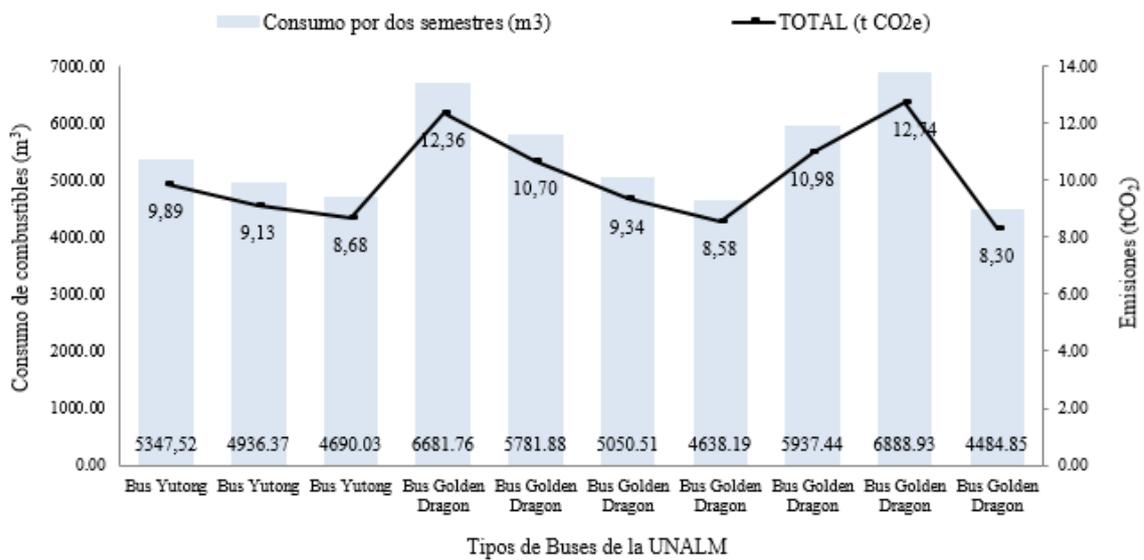


Figura 2: Consumo de combustible y emisiones de la flota de buses de la UNALM

FUENTE: Elaboración propia

4.3.1.2. Estimación de las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) por la distancia recorrida desde casa al campus de la universidad

Para realizar la estimación del alcance 3, se diseñó una encuesta que permitió identificar los hábitos de transporte que utilizan los estudiantes, docentes y personal administrativo para desplazarse hacia la universidad (ver anexo 3).

La cantidad total de alumnos, profesores y personal administrativo para el semestre 2016-I y II fue proporcionada por la Oficina Académica de Estudios y por la Oficina de Personal Administrativo. Para evitar la incertidumbre en la recopilación de información, la encuesta se realizó entre el 11 de Mayo y el 23 de Junio del 2016 de manera personal, pasando por una etapa previa de validación. Para el estudio, se realizó un muestreo aleatorio estratificado donde resultaron 358 estudiantes de pregrado, 297 estudiantes de posgrado (maestrías y doctorados), 197 docentes y 214 personal administrativo contratados y nombrados. La muestra representa el 14 por ciento del total de la comunidad universitaria.

La encuesta ofreció información sobre diversas variables o factores que influyen en la estimación de la huella de carbono. Dicha encuesta estaba basada en la obtención de datos sobre el tipo de transporte utilizado para ir al campus, el número semanal de desplazamientos y la distancia media por trayecto. Se han considerado hasta tres trayectos. A partir de estos datos se calculó la distancia media recorrida en función del origen de procedencia hacia la universidad, teniendo en cuenta cada medio de transporte. Para visualizar los ejemplos de cálculos consultar anexo 10.

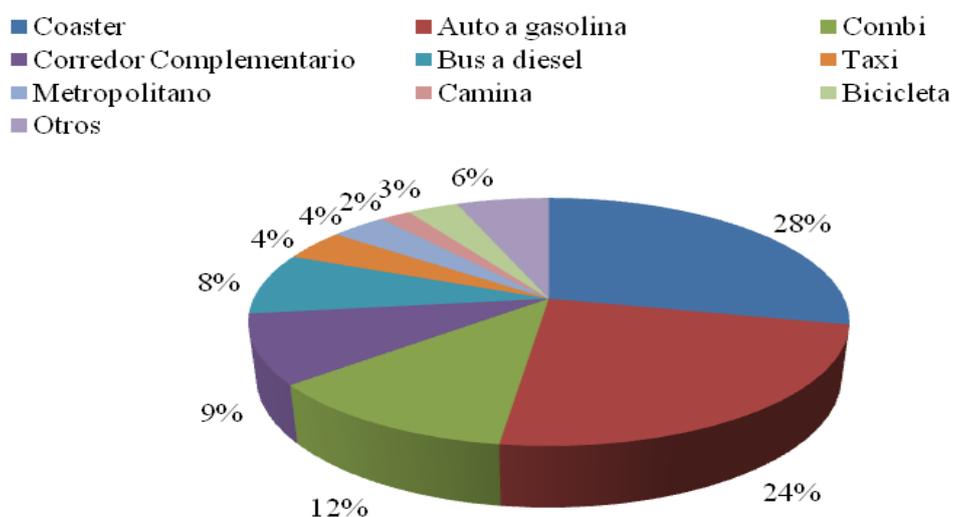


Figura 3: Tipos de transportes utilizados

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 3, se muestra que prevalece el uso del transporte “coaster” (28 por ciento), seguido del auto que utiliza como combustible gasolina (24 por ciento). Además se obtiene solo el 5 por ciento de la comunidad universitaria utilizan medios de transporte no motorizados (bicicleta o camina) para llegar a la universidad. Asimismo, el 46 por ciento de la comunidad universitaria utiliza dos o más medios de transporte para dirigirse al campus (ver anexo 7). Esto en parte, a que anteriormente existía más medios de transporte que circulaban por la universidad desde uno de los puntos más concurridos como es la avenida Javier Prado. Sin embargo ahora los miembros de la comunidad universitaria (en mayor proporción los estudiantes de pregrado) se ven obligados a tomar más medios de transporte para poder llegar a la UNALM, lo que impacta en el aumento de la huella de carbono.

Con respecto al tiempo de viaje que la comunidad universitaria emplea para trasladarse hacia la universidad, más del 50 por ciento dedica más de 45 minutos al día en trasladarse (ver anexo 8).

Además la encuesta identificó a La Molina como el distrito de origen con mayor presencia, 19,3 por ciento, seguido de Ate Vitarte y Surco que, en conjunto, representan más del 30 por ciento de los distritos de procedencia de los miembros de la comunidad universitaria, esta concentración de miembros de la comunidad en La Molina, distrito donde se ubica el campus o en los distritos contiguos y cercanos (Lima Este), determinan los valores relativamente bajos de la distancia recorrida, reduciendo la huella de carbono (ver anexo 9).

Se calculó la emisión de CO₂e a partir de la información de la encuesta realizada a 1.066 miembros de la comunidad universitaria y luego en base a estos resultados se extrapolaron a un total de 7.394 personas, siendo el total de miembros que conforman la comunidad universitaria.

Para el cálculo de la distancia recorrida acumulada según el tipo de transporte y estamento de la comunidad universitaria, se consideró lo siguiente:

- Se realizó el cálculo de la distancia promedio recorrida por cada miembro de la comunidad universitaria obtenida de la herramienta de Google Maps, de acuerdo al distrito de procedencia, las rutas y los medios de transporte desde su casa al campus, según indicaron en la encuesta. Se han considerado las distancias de hasta 3 trayectos que realizan los miembros de la comunidad universitaria.
- Las distancias recorridas de la flota de buses de la universidad no se incluyeron dentro de este alcance ya que las emisiones derivadas de dicha fuente están dentro del alcance 1, por ser emisiones directas propias de la universidad.
- La cantidad de días de asistencia a la universidad varía de acuerdo al tipo de miembro de comunidad universitaria. Para el caso de los alumnos de pregrado,

docentes y personal administrativo se consideraron 5 días a la semana mientras que para estudiantes de posgrado varía de acuerdo a la maestría y doctorado entre 3 a 5 veces al semestre, según indicaron en las encuestas.

- Cada semestre académico se consideró 16 semanas lectivas.

Tabla 15: Distancia recorrida acumulada promedio por el desplazamiento casa-campus universitario por estrato según el tipo de transporte

Tipo de medio de transporte	Distancia recorrida acumulada promedio (km)				Distancia recorrida acumulada total (km)
	Administrativo	Docente	Posgrado	Pregrado	
Auto a diesel	0,00	9.344	259	0,00	9.603
Auto a gasolina	46.707	120.760	3.703	14.832	186.002
Auto a GLP	2.528	2.848	14	0,00	5.390
Auto a GNV	9.459	4.800	112	656	15.027
Bus a diésel	50.678	28.480	721	118.861	198.740
“coaster”*	152.842	59.315	3.057	426.541	641.755
Colectivo	19.408	0,00	0,00	16.470	35.878
Combi**	50.435	14.622	519	99.261	164.838
Corredor	34.614	45.328	1.242	121.115	202.299
Complementario					
Metro de Lima	4.816	0,00	0,00	30.547	35.363
Metropolitano	2.074	14.970	677	29.053	46.773
Minivan a diesel	6.630	0,00	0,00	0,00	6.630
Motocicleta	4.480	0,00	0,00	0,00	4.480
Mototaxi	0,00	128	0,00	0,00	128
Taxi	10.752	14.405	1.178	992	27.326
Total	395.424	315.000	11.482	858.328	1.580.234

FUENTE: Elaboración propia

*Combi tiene una capacidad de 7 pasajeros, **“coaster” tiene una capacidad de 30 pasajeros.

Según la tabla 15, la mayor distancia recorrida acumulada total corresponde al medio de transporte “coaster” (641.755km).

El estamento de pregrado obtuvo mayores distancias de recorrido acumulada total (858.328km) mientras que el estamento de posgrado obtuvo los menores recorridos acumulados (11.482km).

Las mayores distancias recorridas acumuladas promedio dentro del estamento administrativo corresponden al transporte “coaster” (152.842km), en el caso de los docente corresponde al auto a gasolina (120.760km), en el caso de los estudiantes de posgrado corresponde al auto a gasolina (3.703km) y en el caso de los estudiantes de pregrado corresponde a “coaster” (426.541km).

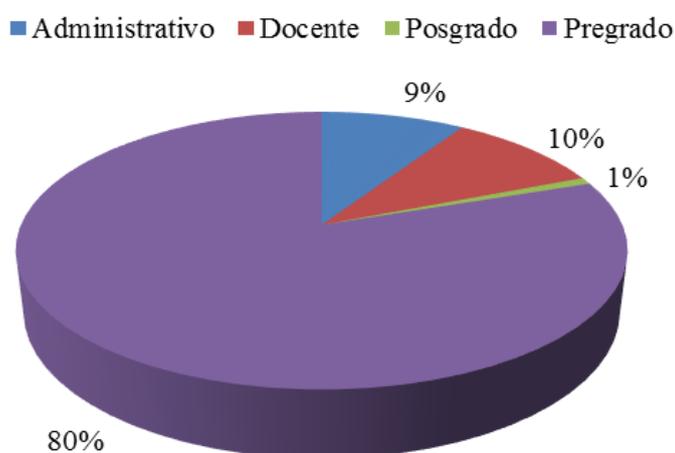


Figura 4: Emisiones de GEI según estamento

FUENTE: Elaboración propia.

Según la figura 4, la mayor cantidad en porcentaje de las emisiones corresponde a los estudiantes de pregrado (80 por ciento), esta contribución se atribuye a que más del 50 por ciento se desplaza en “coaster”, esto se traduce en mayores distancias recorridas y además el factor de emisión de este medio de transporte es mayor con respecto a otros medios de transporte.

Las emisiones de GEI totales según estamentos son: 1.115,49 tCO₂e para los estudiantes de pregrado, 136,48 tCO₂e para los docentes, 126,25 tCO₂e para el personal administrativo y 11,19 tCO₂e para los estudiantes de posgrado considerando los semestres I y II del 2016.

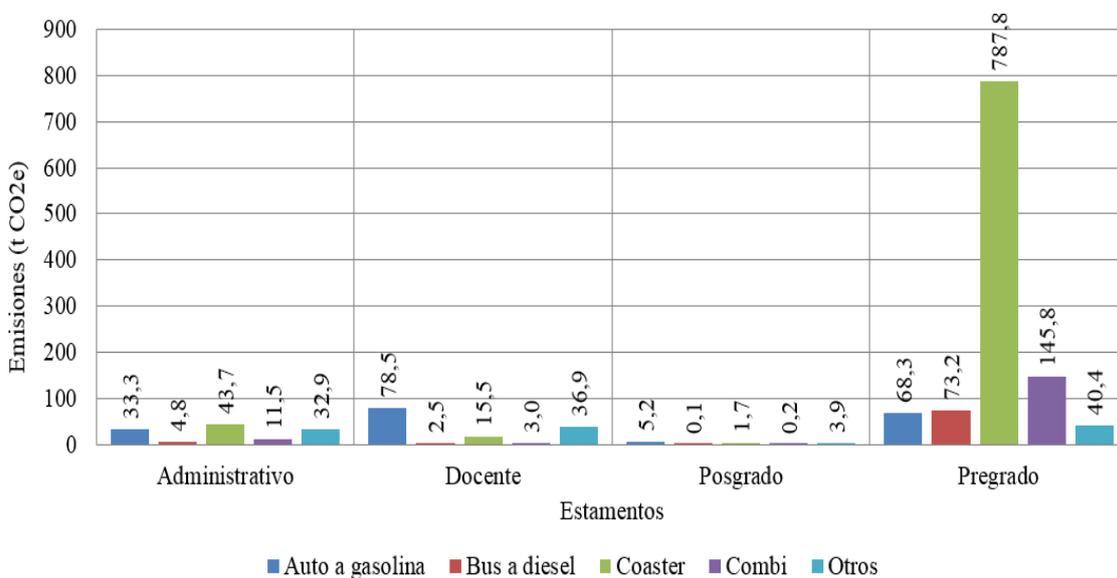


Figura 5: Emisiones de CO₂ generadas por tipo de transporte y estamentos

FUENTE: Elaboración propia.

Según la figura 5, la emisión más significativa de acuerdo al tipo de estamento de la comunidad universitaria y al tipo de transporte corresponde al de pregrado específicamente a los que utilizan el medio transporte “coaster” (787,8 tCO₂e), esto debido a las mayores distancia recorridas, al mayor valor de su factor de emisión y a la cantidad de los estudiantes de pregrado que utilizan este medio de transporte.

Las mayores emisiones de GEI dentro del estamento administrativo corresponde al medio de transporte “coaster” (43,7 tCO₂e); en el caso del estamento de docentes corresponde al auto a gasolina (78,5 tCO₂e), en el caso del estamento de estudiantes de posgrado corresponde al auto a gasolina (5,2 tCO₂e) y en el caso del estamento de pregrado corresponde al transporte “coaster” (787,8 tCO₂e).

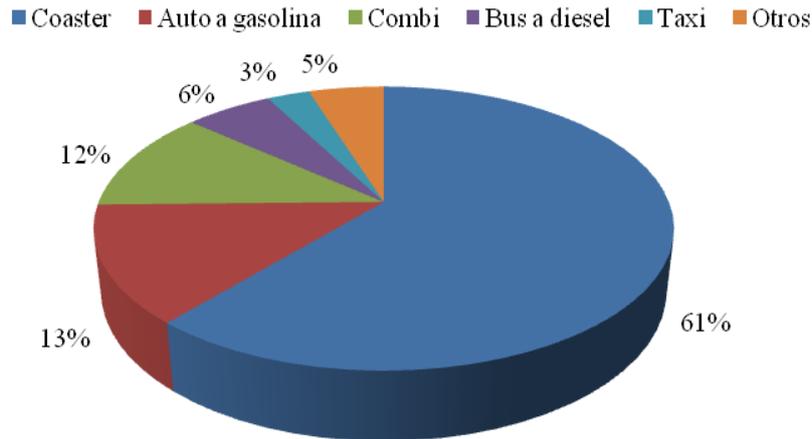


Figura 6: Emisiones de GEI por tipo de transporte

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 6, se muestra que las emisiones del transporte “coaster” representan el 61 por ciento de las emisiones que se generan por el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus. En términos de tCO₂e, el aporte del “coaster” es 848,7 tCO₂e. En segundo lugar con un 13 por ciento están las emisiones del auto a gasolina que da un valor de 185,3 tCO₂e. Es importante recalcar que las contribuciones por cada miembro de la comunidad universitaria que utiliza el transporte masivo es menor, ya que se consideró el nivel de ocupación promedio para cada tipo de transporte (ver anexo 4) y se consideró solamente la emisión correspondiente a una unidad de persona que viaja en transporte masivo.

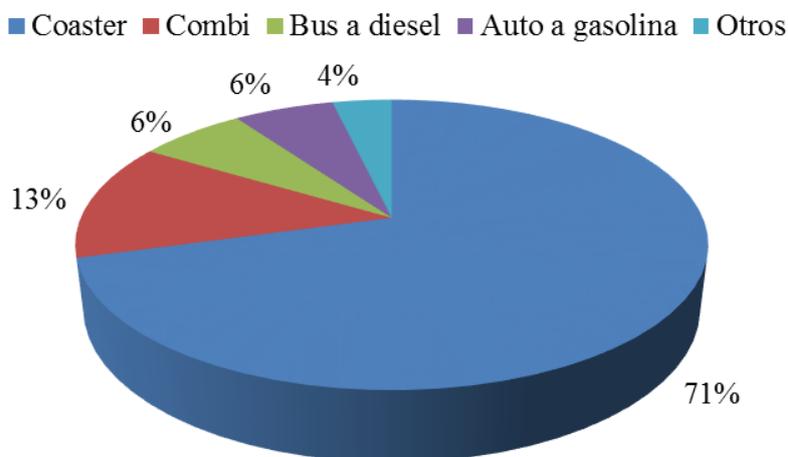


Figura 7: Emisiones de GEI de estudiantes de pregrado

FUENTE: Elaboración propia.

Los estudiantes de pregrado representan la mayor aportación a la huella de carbono. En la figura 7, se muestra que la mayor cantidad de emisiones de GEI corresponde al transporte “coaster” con 71 por ciento (787,8 tCO₂e).

Tabla 16: Emisiones relacionadas con el número de estudiantes de pregrado

	Transporte ^a individual	Transporte ^b masivo	Transporte no ^c motorizado
Número de estudiantes de pregrado	102	4.687	160
Emisiones (tCO ₂ e)	79,91	1.035,58	0,00

FUENTE: Elaboración propia

^a Transporte individual: auto en base a gasolina, diesel, GLP, GNV, taxi, mototaxi, motocicleta.

^b Transporte masivo: corredor complementario, Metropolitano, Metro de Lima, “coaster”, combi, bus a diesel, minivan, colectivo.

^c Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

Según la tabla 16, el número de estudiantes de pregrado que utilizan el transporte masivo es de 4.687, lo que supone emisiones de 1.035,58 tCO₂e, en este caso vemos que solo el 160 estudiantes camina o va en bicicleta a la universidad.

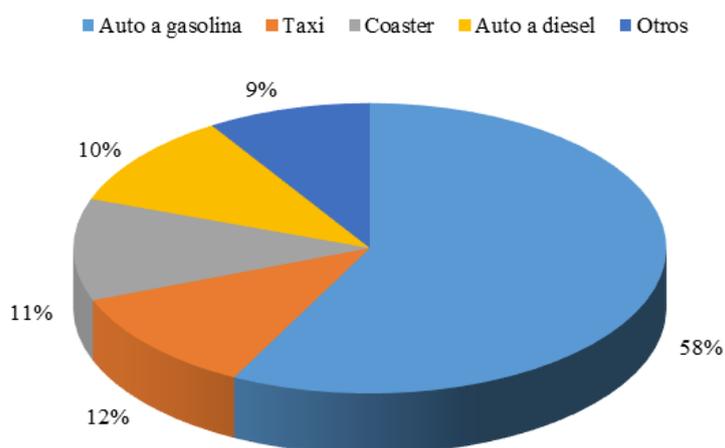


Figura 8: Emisiones de GEI de docentes

FUENTE: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 8, el 58 por ciento de las emisiones de GEI producidas por los docentes se deben al uso del auto a gasolina lo que se traduce 78,5 tCO₂e, seguido de las emisiones del uso del taxi con 16,83 tCO₂e (12 por ciento).

Tabla 17: Emisiones relacionadas con el número de docentes

	Transporte ^a individual	Transporte ^b Masivo	Transporte no ^c motorizado
Número de docentes	191	152	25
Emisiones (tCO ₂ e)	115,18	21,30	0,00

FUENTE: Elaboración propia

^a Transporte individual: auto en base a gasolina, diesel, GLP, GNV, taxi, mototaxi, motocicleta.

^b Transporte masivo: corredor complementario, Metropolitano, Metro de Lima, “coaster”, combi, bus a diesel, minivan, colectivo.

^c Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

En la tabla 17, se aprecia que las preferencias por el transporte individual y el transporte masivo son casi iguales sin embargo, las emisiones del transporte individual son 5 veces con respecto a las del transporte masivo, esto se debe a la relación indirecta entre el factor de ocupación y a las emisiones.

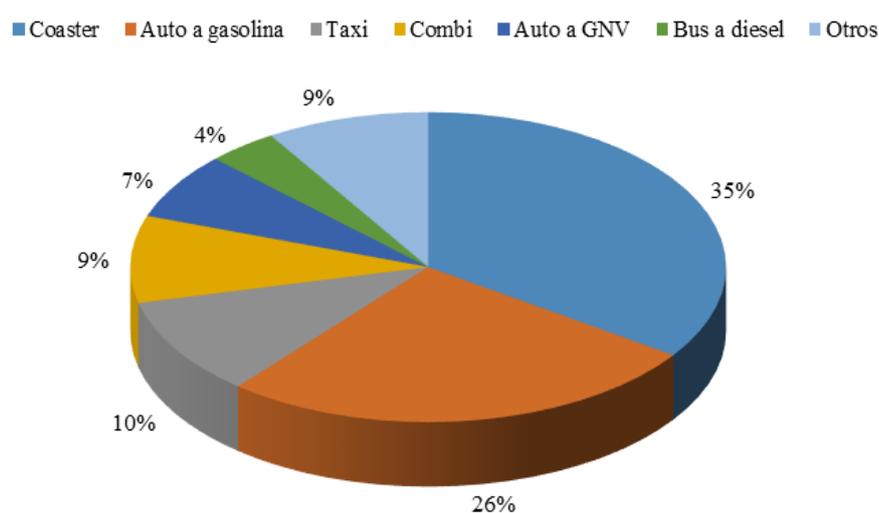


Figura 9: Emisiones de GEI del personal administrativo

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 9, se aprecia que los medios de transportes que utilizan el personal administrativo son variados. Las emisiones de GEI más significativas son el transporte “coaster” (35 por ciento) y el auto a gasolina (26 por ciento) cuyas emisiones son 43,7 tCO₂e y 33,3 tCO₂ respectivamente.

Tabla 18: Emisiones relacionadas con el número de personal administrativo

	Transporte ^a individual	Transporte ^b masivo	Transporte no ^c motorizado
Número de personal administrativo	90	319	18
Emisiones (tCO ₂ e)	60,72	65,53	0,00

FUENTE: Elaboración propia.

^a Transporte individual: auto en base a gasolina, diesel, GLP, GNV, taxi, mototaxi, motocicleta.

^b Transporte masivo: corredor complementario, Metropolitano, Metro de Lima, “coaster”, combi, bus a diesel, minivan, colectivo.

^c Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

En la tabla 18, se muestra la diferencia de preferencias entre el transporte individual y masivo. Sin embargo, las cantidades de las emisiones generadas son similares, esto se debe al factor de ocupación ya que, en el transporte masivo es mayor.

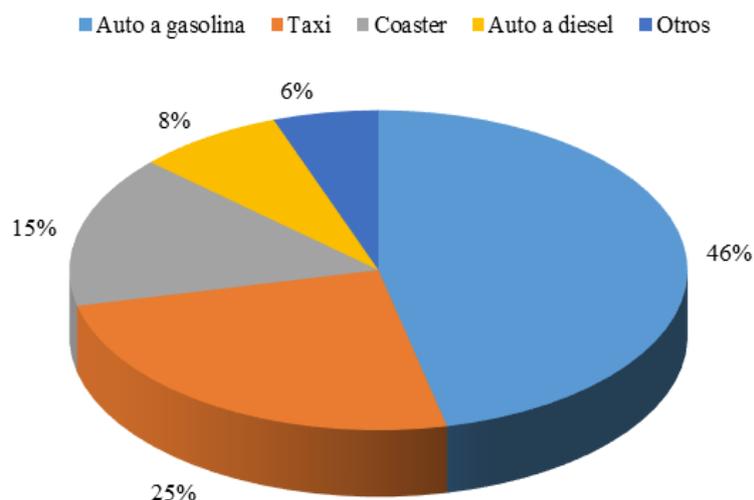


Figura 10: Emisiones de GEI del estudiante de posgrado

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 10, los estudiantes de posgrado utilizan como medio de transporte el auto propio a gasolina lo que resulta 46 por ciento.

Tabla 19: Emisiones relacionadas con el número de estudiantes de posgrado

	Transporte ^a individual	Transporte ^b masivo	Transporte no ^c motorizado
Número de estudiantes de posgrado	761	451	97
Emisiones (tCO ₂ e)	9,08	2,11	0,00

FUENTE: Elaboración propia.

^a Transporte individual: auto en base a gasolina, diesel, GLP, GNV, taxi, mototaxi, motocicleta.

^b Transporte masivo: corredor complementario, Metropolitano, Metro de Lima, “coaster”, combi, bus a diesel, minivan, colectivo.

^c Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

Las emisiones de los estudiantes de posgrado con respecto a los demás miembros de la comunidad universitaria son mucho menores, esto debido a que sus desplazamientos al campus de la universidad son menos frecuentes.

4.3.2. Estimación de las emisiones totales de GEI

En la tabla 20, se presenta el resumen de las emisiones de GEI de la institución para el 2016.

Tabla 20: Emisiones totales de GEI

Fuente	Emisiones GEI (tCO ₂ e)	Porcentaje de participación (%)
Alcance 1		
Flota de buses de la UNALM	100,71	7
Alcance 3		
Transporte casa – universidad	1.389,41	93
Total	1.490,12	100

FUENTE: Elaboración propia.

Las emisiones totales de GEI provenientes de la actividad del desplazamiento de la comunidad universitaria hacia el campus durante los semestres 2016 ciclo I y II, ha resultaron un total 1.490,12 tCO₂e.

Según la tabla 20, se puede distinguir que las fuentes con mayor contribución son las del alcance 3, es decir las que provienen del desplazamiento de los miembros de la comunidad universitaria que utilizan otros medios de transporte diferente al de la flota de la universidad, con una participación del 93 por ciento con respecto a las emisiones totales de GEI.

- Para el alcance 1, el mayor emisor de GEI resultó ser el bus que cubre la ruta de Javier Prado, con una participación de menos del 1 por ciento con respecto a las emisiones totales de GEI.
- Para el alcance 3, la fuente que mayor emisión aporta es el transporte de los estudiantes de pregrado, con una participación del 80 por ciento con respecto a las emisiones totales de GEI para el 2016.

En la figura 11, se muestra la distribución de las emisiones de GEI totales según alcance:

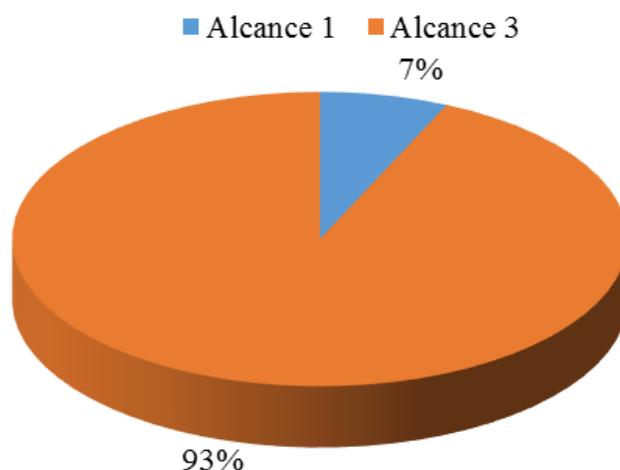


Figura 11: Emisiones de GEI según alcance

FUENTE: Elaboración propia

4.3.3. Estimación de huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria UNALM.

Se calculó la huella de carbono per cápita de la comunidad universitaria UNALM en base al total de emisiones de los alcances 1 y 3 y al total de miembros de la comunidad universitaria, lo que se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 21: Estimación de la huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria UNALM

Emisiones totales tCO ₂ e anual (Alcance 1 + Alcance 3)	Total de miembros de la comunidad universitaria	Huella per cápita anual de la comunidad universitaria (tCO ₂ e anual/persona)
1.490,12	7.394	0,20

FUENTE: Elaboración propia.

La huella per cápita anual de la comunidad universitaria (tCO₂e anual/persona) de la UNALM resultó 0,20 tCO₂e/miembro de la comunidad universitaria.

4.3.4. Estimación de huella de carbono per cápita anual según estamentos de la comunidad universitaria UNALM.

En la tabla 22 se presentan los resultados del cálculo de la huella per cápita anual según los estamentos de la comunidad universitaria en base a las emisiones totales anuales de cada estamento y se distribuyó entre el número total de personas de cada estamento de la comunidad universitaria.

Tabla 22: Estimación de la huella de carbono per cápita anual según estamentos de la comunidad universitaria UNALM.

	Estamentos de la comunidad universitaria UNALM			
	Estudiantes pregrado	Estudiantes posgrado	Personal docente	Personal administrativo
Emisiones totales anuales (tCO ₂ e)	1.115,49	11,19	136,48	126,25
Total de miembros de la comunidad universitaria	5.195	1.314	404	481
Huella de carbono per cápita anual (tCO ₂ e/persona)	0,21	0,01	0,34	0,26

FUENTE: Elaboración propia.

Las huellas per cápita anual del estudiante pregrado, estudiante posgrado, personal docente y personal administrativo son 0,21 tCO₂e, 0,01 tCO₂e, 0,34 tCO₂e y 0,26 respectivamente.

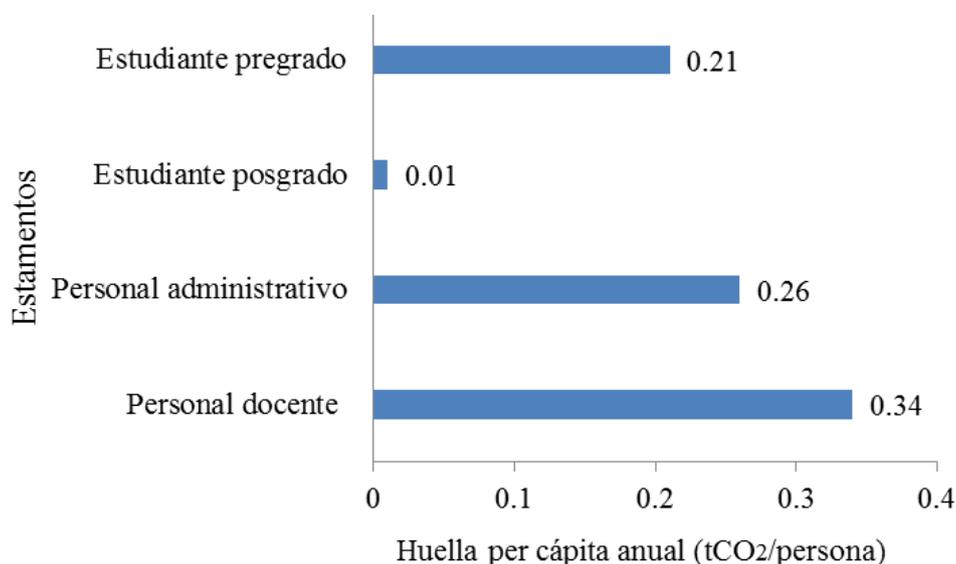


Figura 12: Huella de carbono per cápita anual según estamento de la comunidad universitaria

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 12, la contribución más significativa de la huella per cápita anual corresponde al estamento de docente, esto se debe a la preferencia por el uso del transporte individual, a las distancias recorridas y a la frecuencia de asistencia al campus UNALM.

La menor contribución de la huella per cápita anual corresponde al estamento de posgrado, esto debido, a la menor frecuencia de asistencia al campus UNALM durante los semestres académicos, por ello menores distancias recorridas.

4.3.5. Emisiones por día según los estamentos de la comunidad universitaria

Si analizamos las emisiones en un día y por persona considerando que se recorre la misma distancia para desplazarse hacia la universidad, se obtiene que las emisiones de un estudiante de posgrado en un día que asiste al campus son mayores. Esto debido a que según los resultados obtenidos la preferencia de transporte de los estudiantes de posgrado y docentes es el transporte individual (vehículo propio) en comparación con los estudiantes de pregrado y el personal administrativo, los cuales prefieren el transporte masivo. Cabe destacar que las emisiones en el transporte masivo por usuario son menores en comparación al transporte individual.

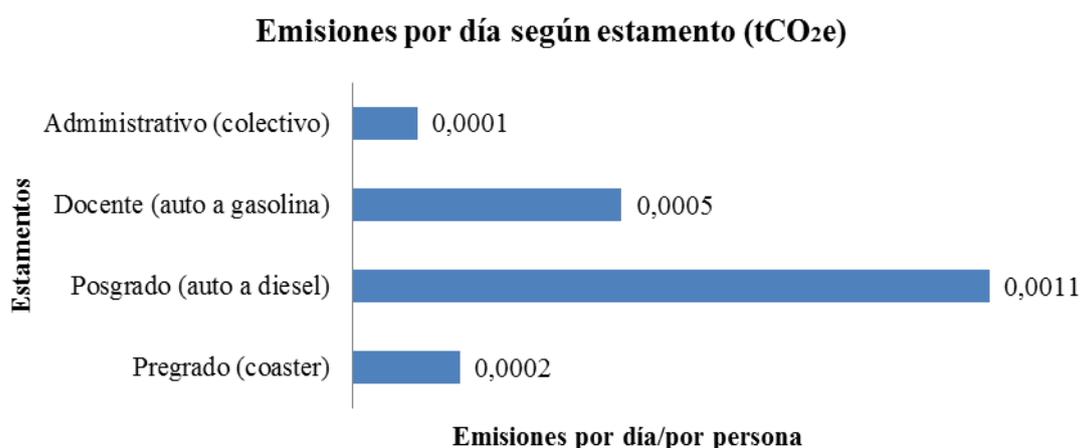


Figura 13: Emisiones por día según estamento

FUENTE: Elaboración propia

4.4. Análisis comparativo de la huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria entre universidades

El análisis comparativo entre las universidades se realizara a través de la huella de carbono per cápita para así eliminar el error atribuible al tamaño de la población es decir, el número total de personas que se han tomado en cuenta en la comunidad universitaria.

Tabla 23: Comparación de la huella de carbono per cápita entre universidades

	Universidades			
	UNALM	U. Montfort ^a	U. Tongji ^b	U. Córdoba ^c
Emisiones Totales (tCO ₂ e)	1.490,12	9.477	12.720	2.181,72
Total de miembros de la comunidad universitaria	7.394	26.422	53.000	17.715
Huella de carbono per cápita anual (tCO ₂ e/persona)	0,20	0,36	0,24	0,12

FUENTE: Elaboración propia

^a Los datos son tomados del estudio Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study, (Ozawa-Medida, *et al.*, 2011).

^b Los datos son tomados del estudio Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China (Xiwang, *et al.*, 2015).

^c Los datos son tomados del estudio de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Córdoba 2013, (De Toro, *et al.*, 2014).

Este ratio denota que la huella per cápita de carbono es similar en las cuatro universidades, a pesar de que la totalidad de las emisiones varían y que los factores de emisión utilizados difieren según la metodología de cálculo.

4.5. Propuestas de compensación de la huella de carbono

Actualmente las instituciones están realizando la compensación de sus emisiones de huella de carbono a través de la participación obligatoria o voluntaria en la compra o venta de los créditos de carbono. Dichos créditos de carbono son invertidos en

proyectos cuya finalidad son la conservación y protección de áreas naturales protegidas, reforestación y forestación.

4.5.1. Compra de créditos de carbono – compensación voluntaria

La Universidad Nacional Agraria La Molina como institución pública puede participar en un mercado voluntario de compra de créditos de carbono con la finalidad de realizar la compensación de sus emisiones generadas (1.490,12 tCO₂e) por desplazamiento de la comunidad universitaria hacia el campus de UNALM del año 2016. A continuación, se detalla la inversión requerida en la compra de bonos de carbono:

Según SINIA Chile: 01tCO₂e =1VER

01tCO₂e = 5,04€ = S/. 19,152 (cotización a mayo 2017 según Investing.com)

Las emisiones totales de GEI a compensar son 1.490,12 tCO₂e.

1.490,12 tCO₂e = 1.490,12 VER = S/. 28.539

Teniendo en cuenta que, a la fecha de mayo del 2017 se cotizaron el precio de la compra de créditos de carbono en el mercado internacional a S/. 19,152 por unidad de dióxido de carbono equivalente. En base a ello, se necesitaría una inversión anual S/. 28.539 nuevos soles.

4.5.2. Forestación en el Fundo Génova

En la actualidad existen varios proyectos enfocados en las plantaciones forestales con la finalidad de realizar la compensación de la huella de carbono a través de la fijación de CO₂.

En base a lo anterior, se propone realizar la forestación como una propuesta de compensación, tomando las siguientes consideraciones:

- La determinación del área para las plantaciones forestales (se eligió un área propia de la universidad denominada Fundo Génova, ya que nos favorece las condiciones climáticas para su crecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales y asimismo no implicaría un costo adicional en la compra del terreno).
- La elección de una plantación forestal considerando ciertas características importantes como la cantidad de fijación de CO₂/Ha, ciclo de vida y condiciones de manejo.

Según (Cruz, 2009), la *Guadua angustifolia* es una especie forestal con buenas características para la implementación de proyectos de forestación y reforestación dentro de los mecanismos de desarrollo limpio. Algunas ventajas de esta especie sobre otras son:

- Se autoregenera con un adecuado manejo y estaría garantizado una captura permanente de CO₂ con lo que no sucede con otras especies, las cuales al cosecharse se tendría que reiniciar el proceso.
- El crecimiento de la *Guadua angustifolia* es mucho más rápido que otras especies forestales. La guadua posee un rizoma paquimorfo, el cual es un sitio de almacenamiento permanente de productos de la fotosíntesis con lo cual estaría fijando un porcentaje importante de dióxido de carbono con la ventaja que estos no son removidos con la cosecha.
- Es una planta fotosintética C4 ya que presenta altas tasas de crecimiento por lo cual atrapa grandes cantidades de carbono atmosférico.

En base a lo mencionado anteriormente, se eligió considerar la plantación forestal “bambú” (*Guadua angustifolia*) en el fundo Génova.

A continuación, en la tabla 24 se muestra la cantidad de fijación de CO₂ promedio y acumulada de una plantación de “bambú” (*Guadua angustifolia*) en una hectárea con distanciamiento de 6mx6m considerando un total de 278 cepas, las cuales albergan aproximadamente 26410 tallos de bambú durante un periodo de 7 años.

Además, en la tabla 24 se aprecia que en el año 6 se logra alcanzar la tasa de crecimiento promedio máximo de fijación del tCO₂/Ha es por ello que solo consideraremos la cuantificación de la fijación hasta el año 6 ya que la tasa de crecimiento promedio en el año 7 desciende considerablemente.

Tabla 24: Cantidad de carbono y dióxido de carbono acumulado en una plantación de *Guadua angustifolia*.

	Edad (años)						
	1	2	3	4	5	6	7
Promedio de t C Fijado/Ha	1,42	2,22	5,55	11,10	15,70	20,78	21,41
Total acumulado de t C Fijado /Ha	1,42	4,45	16,65	44,40	78,49	124,7	149,9
Promedio de t CO ₂ Fijado/Ha	5,21	8,16	20,36	40,70	57,56	76,16	78,51
Total acumulado de t CO ₂ Fijado /Ha	5,21	16,32	61,09	162,8	287,8	456,98	549,56
Tasa de crecimiento promedio de t CO ₂ Fijado/Ha	0,00	2,95	12,20	20,34	16,86	18,6	2,35

FUENTE: Elaboración propia

Los datos promedio de t CO₂fijado/Ha y los datos total acumulado de t CO₂fijado/Ha son tomados de la referencia (Cruz, 2009).

A continuación, se determina la cantidad de hectáreas necesarias para compensar 1.490,12 tCO₂e.

Tabla 25: Cálculo de las hectáreas necesarias para la plantación de bambú

Emisión total de GEI año 2016 (tCO ₂ e)	Fijación de CO ₂ (t/Ha/año)	Hectáreas necesarias para la plantación de bambú (área requerida para compensar la huella de carbono)
1.490,12	76,16	19,6

FUENTE: Elaboración propia

En este caso se necesita 19,6 hectáreas para la plantación de bambú para compensar las emisiones de generadas en 6 años.

Tabla 26: Compensación anual de la huella de carbono

	Edad (años)						Total (tCO ₂)
	1	2	3	4	5	6	
Emisiones de GEI de la universidad año tras año (tCO ₂ e)	1.490,12	1.490,12	1.490,12	1.490,12	1.490,12	1.490,12	8.940,72
Fijación de las emisiones para 1Ha (tCO ₂ e/año)	5,21	16,32	61,09	162,80	287,80	456,98	
Fijación acumulada de emisiones para 19,6Has (tCO ₂ e/año)	102,12	319,87	1.197,36	3.190,88	5.640,88	8.956,81	

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 26, se muestra la cantidad total de emisiones de GEI anuales que sumado en los 6 años resulta 8.940,72 tCO₂e (considerando emisiones constantes de GEI anuales de la comunidad universitaria provenientes de fuentes móviles para desplazarse hacia la UNALM 1.490,12 tCO₂e durante los 6 años). Dichas emisiones generadas se deben

compensar con la plantación forestal de “*Guadua angustifolia*” durante el periodo de 6 años.

A continuación, en la figura 14 se muestra que durante los 6 años transcurridos se generaron un total de 8.940,72 tCO₂e, las cuales año tras año las plantaciones forestales de bambú han realizado la fijación acumulada anual de CO₂ hasta que en el año 6 se logró la compensación total.

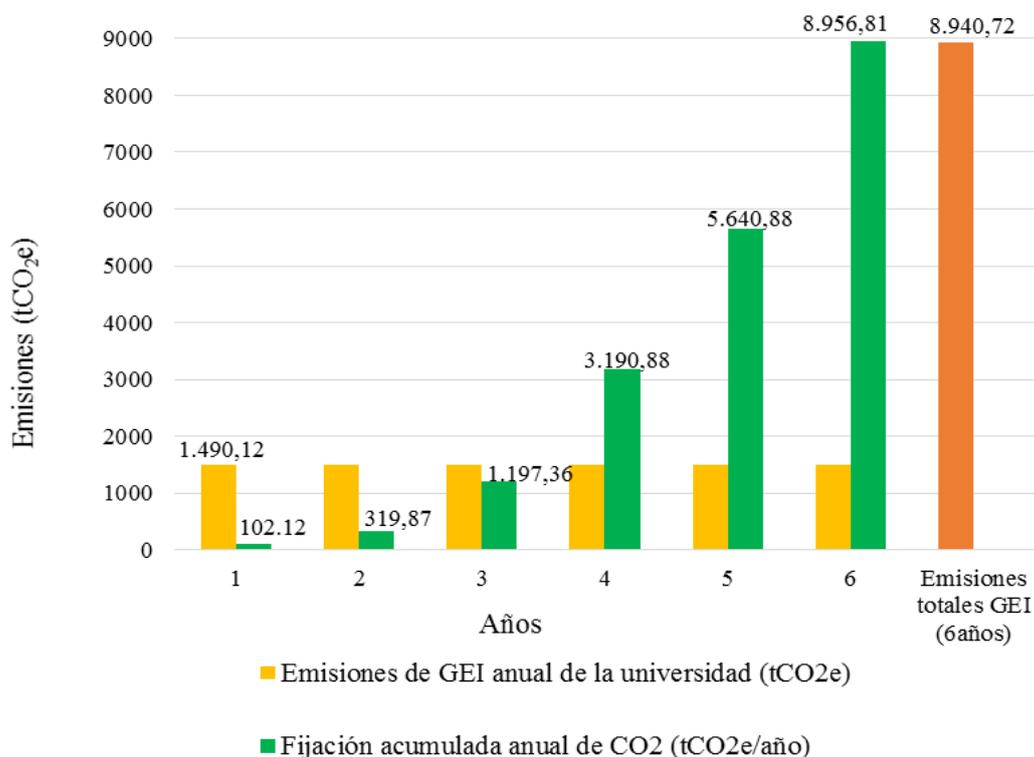


Figura 14: Fijación acumulada anual del dióxido de carbono

FUENTE: Elaboración propia

Los responsables de la ejecución y seguimiento de la plantación forestal estarían a cargo del área de gestión ambiental y la facultad de ciencias forestales.

Es importante precisar que la propuesta solo se enfocó en la cuantificación de compensación de emisiones año tras año hasta obtener carbono neutro sin considerar la implicancia de los gastos económicos de inversión durante este periodo.

4.6. Propuesta de gestión de reducción de la huella de carbono

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, se tiene que las emisiones del alcance 1 (flota de la UNALM) es 7 por ciento del total de emisiones generadas por la comunidad universitaria mientras que las emisiones correspondientes al alcance 3 (otros medios de transporte diferente a la flota de la UNALM) es 93 por ciento. En base a lo mencionado anteriormente, se escogió la propuesta de reducción de GEI enfocado en el alcance 3 por ser la más significativa. A continuación, se proponen las siguientes alternativas para la reducción teniendo en cuenta que los responsables son los miembros de la comunidad universitaria.

4.6.1. Fomentar las buenas prácticas ambientales de movilidad sostenible

4.6.1.2. Caminar o Bicicleta

Actualmente solo el 5 por ciento de toda la comunidad universitaria utiliza bicicleta o camina hacia la universidad. Éste porcentaje se debería incrementar si se propone la medida de incentivar a que utilicen medios más amigables con el medio ambiente como el uso de bicicletas o el traslado a pie. Dicha propuesta estaría enfocada principalmente a la comunidad universitaria que vive a menos de 15 minutos o 3 km y se traslada en auto propio o taxi hacia el campus, esto se traduciría en una reducción de 25,24 tCO₂e reduciendo el 1,8% del total de emisiones del alcance 3.

Por otro lado, también es importante que la universidad defina las zonas de aparcamiento para las bicicletas.

4.6.1.3. Car pooling

De acuerdo a los resultados del estudio, el 31 por ciento de la comunidad universitaria se transporta en auto hacia la universidad. En base a ello, se propone incentivar el transporte público o “car pooling”.

Si se opta por el “car pooling” se optimizará globalmente el desempeño de los viajes en automóvil ya que, las emisiones generadas en una cierta cantidad de kilómetros recorridos se divide por la cantidad de pasajeros que se movilizan dentro de un mismo vehículo, logrando así reducir la huella de carbono por pasajero. Asimismo, permitirá compartir los gastos generados por el desplazamiento y fortalecer las interacciones sociales de la comunidad universitaria.

Para promover e impulsar el proyecto “car pooling molinero”, se requiere la creación de una plataforma denominada “únete al car pooling molinero” que estaría disponible en la página web UNALM, donde se ofrecerá la opción de compartir el viaje en auto o en bicicleta sea el traslado más entretenido y seguro. La plataforma web les permitirá realizar las coordinaciones tanto de los conductores como los pasajeros para trasladarse juntos desde o hacia la universidad así lograr recorridos eficientes. Además se puede utilizar como incentivo la división de gastos en combustible, estacionamiento u otros, que además de fomentar el transporte sustentable, reduzcan los costos para quienes lo realicen. Para lanzar la plataforma “únete al car pooling molinero” se realizará la difusión por las redes sociales que permitirán la información completa del proyecto y el inicio de la puesta en marcha.

4.6.2. Compromiso de los actores sociales interesados de la universidad

4.6.2.1. Compromiso de la comunidad universitaria

El éxito de la reducción de las emisiones dependerá principalmente del compromiso de cada miembro de la comunidad universitaria ya que cada uno de ellos adoptará nuevos cambios de hábitos, realizarán buenas prácticas ambientales y compartirán la información de las estrategias de reducción.

4.6.2.2. Compromiso del área de gestión ambiental de la universidad

El área de gestión ambiental juega un rol importante en la reducción de emisiones ya que permitirá:

- Organizar, fomentar y difundir las campañas informativas en relación a las buenas prácticas ambientales de reducción de emisiones en el desplazamiento desde o hacia la universidad.
- Recolectar y consolidar la base de datos para el reporte de la huella de carbono y difundir los resultados a la comunidad universitaria.
- Plantear metas y estrategias de reducción de emisiones anualmente.

4.6.2.3. Compromiso de voluntarios ambientales

Los voluntarios ambientales estarán conformados por los miembros de la comunidad universitaria interesados en temas ambientales con el fin de colaborar en organizar campañas ambientales informativas (movilidad sostenible), difusión de las buenas prácticas ambientales de reducción de emisiones, recolección de datos para el reporte de huella de carbono y otras iniciativas que contribuyan a la reducción.

V. CONCLUSIONES

- La estimación de la huella de carbono proveniente de fuentes móviles por el desplazamiento de la comunidad universitaria hacia el campus de la universidad resultó un total de 1.490,12 tCO₂e durante los dos semestres académicos del año 2016.
- Las emisiones directas o alcance 1 (flota de buses UNALM) representan el 7 por ciento de las emisiones totales (100,71 tCO₂e) mientras que las emisiones indirectas o alcance 3 (otros medios de transporte) representan el 93 por ciento del total (1.389,41 tCO₂e).
- La fuente de mayor emisión de GEI corresponde al medio de transporte “coaster” con un valor de 848,7 tCO₂e, esto debido, a la mayor distancia recorrida y a que el factor de emisión de éste es mayor ya que utiliza diesel como combustible, siendo éstas las variables más importantes que influyen en la estimación de la huella de carbono y además el gran número de miembros de la comunidad que utiliza este tipo de transporte.
- La contribución per cápita del estudiante pregrado y posgrado resultó 0,21 tCO₂e y 0,01 tCO₂e respectivamente.
- La contribución per cápita del personal docente resultó 0,34 tCO₂e.
- La contribución per cápita del personal administrativo resultó 0,26 tCO₂e.
- Para mitigar la huella de carbono, se plantearon propuestas de compensación y gestión de reducción de la huella de carbono. En el caso de la compensación tenemos dos opciones, una es la compra de bonos de carbono cuyo monto asciende a 28.539

nuevos soles y la otra es la plantación de la especie forestal *Guadua angustifolia*.

VI. RECOMENDACIONES

- El presente trabajo de huella de carbono de la universidad solo se ha enfocado en el componente de transporte de la comunidad universitaria, por tal motivo se recomienda abarcar las demás actividades desarrolladas en la universidad como: generación de residuos, consumo de agua y energía entre otras, la cual servirá para tener datos que permitan, realizar el monitoreo del desempeño ambiental a través del tiempo.
- Debido a que no se cuenta con información histórica de la huella de carbono de la universidad, se recomienda que los resultados obtenidos en el presente trabajo constituyan la línea base a partir de la cual la institución pueda fortalecer las políticas, objetivos y metas orientados a la reducción de sus emisiones de GEI.
- Para la toma de datos para futuros cálculos se recomienda que se desarrollen herramientas que permitan la gestión de la información, así como la asignación de responsabilidades y tiempos direccionados hacia la recolección, organización y entrega oportuna de información relativa a las emisiones de GEI.
- Se recomienda crear un sistema interno computarizado (como mínimo una base de datos en Excel) para la recolección automática de la información y un responsable de mantener el sistema actualizado, dicho sistema debe compatibilizarse con otros datos en materia ambiental de la UNALM.

- Los resultados de este estudio deben convertirse en una herramienta de sensibilización por ello, se deben hacer extensivos a la comunidad universitaria. Se recomienda hacer uso de la página web u otros medios de comunicación con el objetivo de que la comunidad universitaria y otras partes interesadas se mantengan informadas con respecto a la gestión de GEI de la institución.
- Actualmente no se cuenta con factores de emisión nacionales para realizar el cálculo de la huella de carbono que resulte con mayor representatividad a nuestra realidad del país por lo que se recomienda establecer factores de emisión nacionales para los componentes más utilizados en las diferentes actividades tales como los combustibles.
- A la hora de calcular las emisiones siguiendo el Protocolo de GEI se han encontrado con una serie de dificultades comunes, en muchos casos asociados a la trazabilidad de los datos de entrada y su disponibilidad, por lo que se recomienda que se brinden las facilidades necesarias para la ejecución de futuros estudios.
- En el caso de la propuesta de plantación forestal en el fundo Génova, se recomienda realizar la cuantificación económica de inversión durante todo el periodo de compensación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta; A. 2017. La Capacidad de los árboles para absorber CO₂ está limitada por su longevidad. ABC Sociedad. Publicado 12 enero 2017. Madrid, España. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en http://www.abc.es/sociedad/abci-capacidad-arboles-para-absorber-esta-limitada-longevidad-201701122018_noticia.html.
2. Aguilar-Barojas, Saraí. 2005. Fórmula para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud del estado de Tabasco. (en línea), 11:333-338. Consultado 30 jun. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>.
3. Ambrós, L; Calabria, I; Ripoll, O; Román, E. 2012. Proyecto final de máster en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Criterios de selección de un estándar para la medida de huella de carbono. (en línea, curso). Madrid, España. Escuela de Organización Industrial. 136 p. Consultado 18 may. 2016. Disponible en http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80108/EOI_HuellaCarbono_2012.pdf.
4. Arranz, M; Elosegui, M; Estrada, D; Terradillos, M. 2012. Cálculo de la Huella de Carbono de los másteres full time de Medio Ambiente y Sostenibilidad EOI (en línea, curso). Madrid, España Escuela de Organización Industrial. Consultado 18 may. 2016. Disponible en https://static.eoi.es/savia/documents/EOI_HuellaCarbono MIGMA_2013.pdf.
5. Barreda, M; Polo, J. 2012. Evaluación de la huella de carbono en una institución educativa de nivel superior. Estudio de caso (en línea). Revista de Investigación 3(1):1-2. Arequipa, Perú., Universidad Católica de San Pablo. Consultado 20 abr. 2016. Disponible en http://www.ucsp.edu.pe/images/direccion_de_investigacion/PDF/Evaluacion_de_la_huella_de_carbono_-_revista.pdf.
6. Borquéz, R. 2010. Huella de Carbono. ADCMA 26(1):1-9. Chile. Fundación Terram. Consultado 30 abr. 2016. Disponible en <http://www.terram.cl/images/ADCMA/adcma-26-huella-de-carbono-final-ok.pdf>.

7. Brito, O. 2011. Diagnóstico de implementación de metodología de cálculo de la huella de agua y huella de carbono en empresa DSM. Tesis Ing. Civil Industrial. Puerto Montt. Chile. Universidad Austral de Chile. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bpmfcib862d/doc/bpmfcib862d.pdf>.
8. Burga, G; Ordoñez, P. 2014. Medida de huella de carbono en un parque temático con propuesta de reducción y mitigación de gases de efecto invernadero. Trabajo de Titulación Ing. Gestión Empresarial y Lic. Biología. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
9. Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular, Perú. 2016. ABC del GNV (en línea). Lima, Perú. Consultado 9 may. 2016. Disponible en http://cpgnv.org.pe/?page_id=8001.
10. Calle, C; Guzmán, R. 2011. Cálculo de la Huella de Carbono del Ecolodge Ulcumano ubicado en el Sector de La Suiza, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa, región Pasco. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
11. Castañeda, V; Ramos, P. 2013. Estimación de la Huella de Carbono de los automóviles de estudiantes, docentes y colaboradores de la universidad ICESI (en línea). Tesis Ing. Industrial. Santiago de Cali, Colombia. Universidad ICESI.
12. CMCC (Convención Marco de las Naciones Unidas frente al Cambio Climático, Estados Unidos de América). 1992. Referencias bibliográficas: contenido, forma y estructura (en línea). Nueva York, Estados Unidos. p.3. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
13. COP20 (Vigésima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático). 2015. Cálculo y neutralización de la huella de carbono de la COP20/CMP10. Lima, Perú. Consultado 2 oct. 2016. p. 9-18. Disponible en http://cdn.inventarte.net.s3.amazonaws.com/cop20/wp-content/uploads/2015/05/dossier_huella.pdf.
14. Conservación Internacional Perú. 2016. Oportunidades y desafíos para desarrollar un mercado de carbono. Seminario neutralización de la huella de carbono (1, Lima, Perú) Consultado 12 ago. 2016. Disponible en <http://www.conservation.org/global/peru/prensa/Pages/Evento-huella-de-carbono-COP20.aspx>.
15. Cruz, H. 2009. Biomasa y atrapamiento de Carbono del *Bambú guadua*. *Bambu guadua premier*. Colombia. p. 9 -18. . Consultado 12 nov. 2016. Disponible en

- <http://www.bambuguaduapremier.com/PDF/BIOMASAYATRAPAMIENODECARBONOENBAMBU.pdf>.
16. Dávila, F; Varela, D. 2014. Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Tesis Ing. Ambiental. Ciudad Quito, Ecuador. p. 5-22.
 17. Dawidowski, L; Sánchez, O; Alarcón, N. 2014. Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana. Informe final. Lima: SENAMHI/SAEMC. Lima, Perú. Consultado 25 oct. 2016. Disponible en Dawidowski, L; Sánchez, O; Alarcón, N. 2014. Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana. Informe final. Lima: SENAMHI/SAEMC.
 18. DEFRA (Department of Environment, Food and Rural Affairs, Reino Unido). 2016. Guidelines to DEFRA's GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transport Emissions Factors, p16. DEFRA. London, Reino Unido. Consultado 24 mar. 2016. Disponible en <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2016>.
 19. De Toro, A; Gomera, A; Aguilar, J; Guijarro, C; Antúnez, M; Vaquero, M. 2014. La huella de carbono de la Universidad de Córdoba 2013. Servicio de Protección Ambiental. Publicación septiembre 2014. Argentina.
 20. ECODES 25 tiempo de actuar. 2016. ECODES: Mercados voluntarios de carbono ¿Qué es compensación voluntaria de emisiones? (en línea, sitio web). Consultado 14 oct. 2016. Disponible en <http://ecodes.org/cambio-climatico-y-ecodes/mercados-voluntarios-de-carbono>.
 21. Espíndola, C; Valderrama, J. 2012. Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas (en línea). Información Tecnológica 23(1):163-176. Consultado 24 may. 2016. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017.
 22. Escobar, E. 2014. Terpel Gazel: Experiencias en el uso de combustibles limpios para sistemas de transporte masivo de buses en Latinoamérica. Lima, Perú. Consultado 2 mar 2016. Disponible en <https://es.slideshare.net/sibr/edgardo-escobar-terpel-gazel-experiencias-en-el-uso-de-combustibles-limprios-para-sistemas-de-transporte-masivo-de-buses-en-latinoamrica>.
 23. Giraldo, W. 2014. USMP campus carbono neutral. *In* Foro Nacional de Gestión Ambiental Universitaria (5, Tacna, Perú). Memoria. Lima, Perú: 2014. Instituto para

- la Calidad Empresarial Universidad San Martín de Porres. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2014/11/Memoria-V-Foro-Nacional-Universidades-y-Ambiente-2014.pdf>.
24. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2010. II Censo Nacional Universitario 2010. Datos estadísticos (en línea). Lima, Perú. Consultado 24 may. 2016. Disponible en http://censos.inei.gob.pe/cenaun/redatam_inei/doc/ESTADISTICA_UNIVERSITARIAS.pdf.
 25. Investing.com. Datos históricos futuros emisiones de carbono (en línea). Consultado 16 sep. 2016. Disponible en <https://es.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>.
 26. IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno de Vasco). 2013. 7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (en línea). Bilbao, España. Consultado 20 ene. 2016. Disponible en [http://www.ihobe.eus/Publicaciones/ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=193f314b-cc26-455b-b411-fe487e36dd74&Idioma=es-ES&Tipo=.](http://www.ihobe.eus/Publicaciones/ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=193f314b-cc26-455b-b411-fe487e36dd74&Idioma=es-ES&Tipo=)
 27. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Suiza). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 2. Energía (en línea). Ginebra, Suiza. Consultado 20 may. 2016. Disponible en http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_0_Cover.pdf.
 28. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Suiza). 2007a. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. Ginebra, Suiza. p. 2-22.
 29. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Estados Unidos de América). 2014. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, p. 151. Consultado 24 may. 2016. Disponible en https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/index_es.shtml.
 30. Larsen, H; Pettersen, J; Solli C; Hertwich, E. 2013. Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU (en línea). Journal of Cleaner Production 48: 39-47. Consultado 20 feb. 2016. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611003787?via%3Dihub>.

31. Letete, T; Mungwe, N; Guma, M; Marquard, A. 2010. University of Cape Town Carbon Footprint. Energy Research Centre. *Journal of Energy in Southern Africa* 22(2). Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.za/pdf/jesa/v22n2/01.pdf>.
32. MEM (Ministerio de Energía y Minas, Perú). 2012. Balance Nacional de Energía 2012. Lima, Perú. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.mem.gob.pe>
33. MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2010. Huella de carbono del Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://consultorias.minam.gob.pe/cons/handle/minam/131>
34. MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2014. Primer Informe Bienal de Actualización del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima, Perú. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/natc/perbur1.pdf>.
35. Mondéjar, M; Viñoles, R; Bastante J; Collado, D; Capuz, S. 2011. La huella de carbono y su utilización en las instituciones universitarias. *In* Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos (15, 2011, España). Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia. p. 1-9. Consultado 15 ene. 2016. Disponible en http://www.aepro.com/files/congresos/2011huesca/CIIP11_1950_1959.3388.pdf.
36. Ozawa-Meida, L; Brockway, P; Letten, K; Davies, J; Fleming, P. 2011. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production* 56: 98,185 p.
37. Pandey, D; Agrawal, M; Pandey, J. 2011. Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, (en línea). *Environ Monit Asses* 178:135-160. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-010-1678-y>.
38. Perú 2021 (Portal de Responsabilidad Social del Peru). 2013. La Universidad San Martín de Porres es la primera universidad del Perú en compensar sus bonos de carbono. Lima, Perú. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.peru2021.org/principal/noticias/noticia/la-usmp-es-la-primera-universidad-en-el-peru-en-compensar-su-bonos-de-carbono/247>.
39. Pinillos, A; Díaz, C. 2012. Medida de la huella de carbono en una empresa de transformación secundaria de la madera (en línea). Trabajo de Titulación Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado 15 abr.

2016. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2431/T01-B377-T.pdf?sequence=1>.
40. Reed, K.; Ehrhart, C. 2007. Guía para responsabilizarnos de las Emisiones de Gases Efecto Invernadero de CARE. Taller CARE y El Carbono (en línea). Nairobi, Kenya, p. 5-8. Consultado 14 may. 2016. Disponible en http://www.careclimatechange.org/files/CARE_docs/CARE_Going_Carbon_Neutral_SP.pdf.
41. Rodas, S. 2014. Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la Universidad Rafael Landívar (en línea). Tesis Ing. Ambiental. Guatemala de la Asunción, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. Consultado 20 ene. 2016. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/15/Rodas-Sofia.pdf>.
42. Santelices, S; Solar, F; Aranda, C. 2014. Reporte Huella de Carbono 2013. Oficina Sostenibilidad de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://sustentable.uc.cl/wp-content/uploads/2014/09/Reporte-Huella-de-Carbono-2013.pdf>
43. SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental, Chile). 2016. ¿Qué son bonos de carbono? (en línea). Santiago de Chile, Chile. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.sinia.cl/1292/w3-article-48291.html>.
44. Valderrama, J; Espíndola, C; Quezada, R. 2011. Huella de Carbono un concepto que no puede estar ausente en cursos de ingeniería y ciencias. *Formación Universitaria* 4(3):3-12.
45. Viteri, F. 2013. Cálculo de la huella de carbono de la facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial (en línea). Tesis Mg. en Sistemas de Gestión Ambiental. Sangolquí, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. Consultado 20 abr. 2016. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7253/1/T-ESPE-047307.pdf>.
46. WBCSD-WRI (World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute, Estados Unidos de América). 2004. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. México. Consultado 20 feb. 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/284715227_Protocolo_de_Gases_Efecto_Invernadero_Estandar_Corporativo_de_Contabilidad_y_Reporte.
47. WBCSD-WRI (World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute, Estados Unidos de América). 2011. Technical Guidance for

Calculating Scope 3-Emissions Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard. Consultado 20 feb. 2016. Disponible en <http://www.ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>.

48. Xiwang, L; Hongwei, T; Adams, R. 2015. Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China (en línea). *Journal of Cleaner Production* 106:97-108. Consultado 25 may. 2016. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013857?via%3Dihub>.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Formato de lista de identificación de fuentes móviles de emisión de GEI

Responsable:	
Año de Reporte:	

Actividad / Operación	Fuente de Emisión	Marca	Modelo	Fuente Energética	Alcance

Consideraciones y observaciones:

ANEXO 2: Formato de entrevista al personal encargado de los buses de la UNALM

Tema: Cálculo de la huella de carbono

1. Nombre del encargado:

.....

2. ¿Cuántos buses tiene UNALM?

.....

3. ¿Qué tipos de servicios (traslado a domicilios, viajes, salidas) brinda los buses?

.....

4. ¿Cuántos buses son destinados para el transporte de los estudiantes?

.....

5. ¿Cuáles son las rutas de los buses para el transporte de los estudiantes?

.....

6. ¿Cuántos días a la semana y cuántas veces al día brinda el servicio de transporte de los estudiantes?

.....

7. ¿Cuántos buses son destinados para el transporte de los docentes?

.....

8. ¿Cuáles son las rutas de los buses para el transporte de los docentes?

.....

9. ¿Cuántos días a la semana y cuántas veces al día brinda el servicio de transporte de los docentes?

.....

10. ¿Cuántos buses son destinados para el transporte del personal administrativo?

.....

11. ¿Cuáles son las rutas de los buses de la para el transporte del personal administrativo?

.....

12. ¿Cuántos días a la semana y cuántas veces al día brinda el servicio de transporte del personal administrativo?

.....

13. ¿Qué tipo de combustibles utilizan los buses?

.....

14. ¿Qué tipo de marca, modelo tienen los buses?

.....

15. ¿Cuáles son los recorridos en km, velocidad promedio de los buses en las diferentes rutas a domicilios?

.....

16. ¿Cuál es el rendimiento de los buses?

.....

ANEXO 3: Encuesta a la comunidad universitaria

Tema: Cálculo de la huella de carbono

1. ¿Usted es?

- Estudiante de pregrado
 Docente
 Personal administrativo
 Estudiante de posgrado
 Otro (especificar).....

2. Edad.....

3. Sexo

- F M

4. ¿A qué especialidad de la facultad /maestría/doctorado/ciclo optativo pertenece?

.....

5. En caso ser estudiante ¿Qué ciclo/semestre está cursando?

- 1° 2° 3° 4° 5° 6°
 7° 8° 9° 10° Otro

6. ¿Cuántos días a la semana usualmente asiste a la universidad? ¿especificar si es en verano y/o solo en semestre o trimestre académico?

.....

7. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted realiza su traslado hacia la universidad? Especifique la zona del Distrito

.....

8. A continuación se presenta un tabla con los medios de transporte

Vehículo privado	Taxi	Bicicleta	Combi
Metropolitano	Tren	“coaster”	Bus UNALM
Corredor Azul	Camina	Motocicleta	Bus
Corredor Plomo	Mototaxi	Colectivo	Otro (especificar) -----

Ejemplo:

Juan se traslada desde San Miguel hacia la UNALM y emplea los siguientes medios de transportes con sus respectivos tramos de recorrido.

Medio de transporte	Recorrido por tramos o paraderos
Corredor azul	Av. La Marina – Av. La Molina
“coaster”	Av. La Molina – UNALM

De acuerdo al ejemplo anterior, mencione ¿Cuáles son los medios de transporte y rutas que normalmente utilizas para trasladarte hacia la UNALM?

Medio de transporte	Recorrido por tramos o paraderos

9. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que habitualmente usa para su traslado hacia y/o desde la universidad, mencionarlo.

.....

10. Si conoce las características del medio de transporte mencionar el tipo de marca, modelo del medio de transporte que habitualmente usa para su traslado hacia la universidad?

.....

11. ¿A qué hora del día inicia su viaje hacia la universidad?

.....

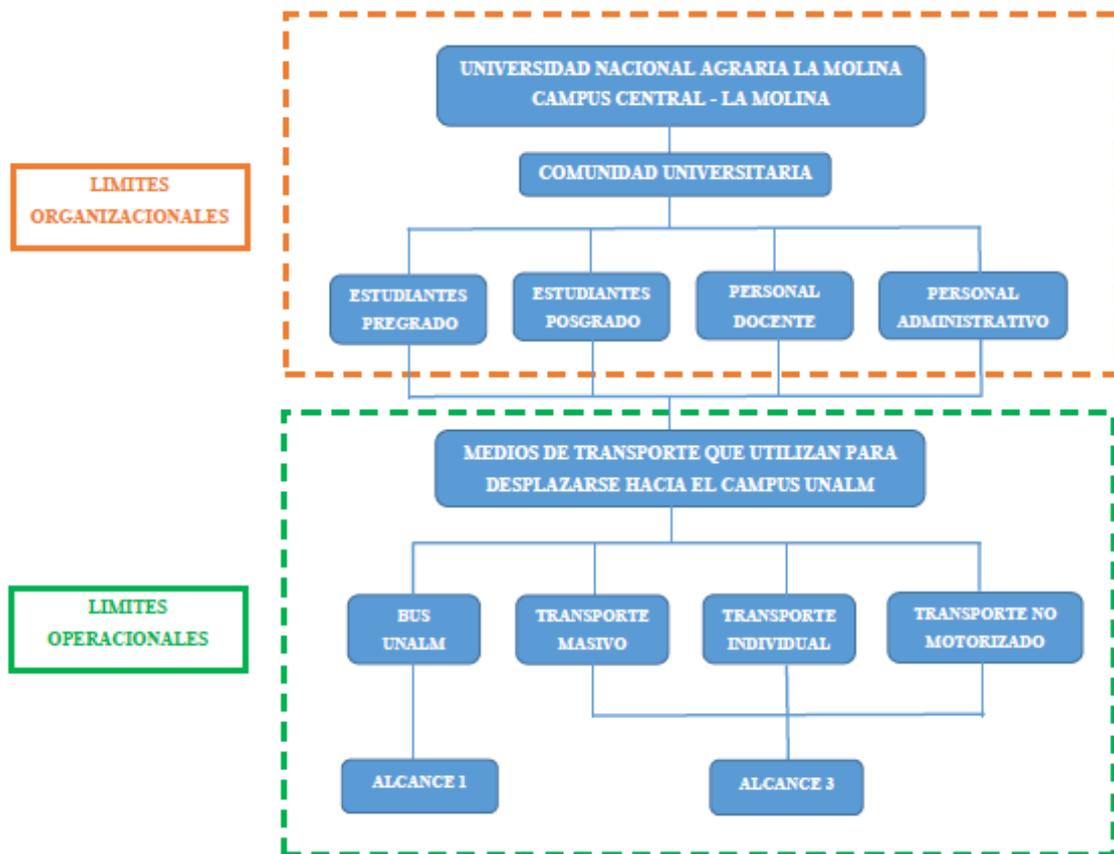
12. ¿Qué tiempo en promedio demora su viaje hacia la universidad?

.....

ANEXO 4: Nivel de ocupación según el tipo de vehículos

Tipo de Transporte	n
Auto a Diesel	1
Auto a Gasolina	1
Auto a GLP	1
Auto a GNV	1
Auto combustible no conocido	1
Bus a Diesel	90
Coaster	30
Colectivo	4
Combi	7
Corredor Complementario	90
Metro de Lima	1
Metropolitano	160
Minivan a Diésel	7
Motocicleta	1
Mototaxi	1
Taxi	1

ANEXO 5: Determinación de los límites organizacionales y operacionales



ANEXO 6: Cálculos de la huella de carbono – alcance 1 (emisiones directas)

		Energía consumida (E)			Emisiones CO ₂ e (L)		Emisiones CO ₂ e (M)		Emisiones CO ₂ e (N)				
A	B	C	D	F	G	H	I	J	K				
Consumo (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Peso (kg)	Valor calorífico (Gj/kg)	Factor de Emisión de CO ₂ (kg CO ₂ /GJ)	PCG de CO ₂ (kg CO ₂)	Factor de Emisión de CH ₄ (kg CH ₄ /GJ)	PCG de CH ₄ (kg CH ₄)	Factor de Emisión de N ₂ O (kg N ₂ O /GJ)	PCG de N ₂ O (kgN ₂ O)				
A*B=C		E=C*D		L=E* F* G		M =E* H *I		N =E* J *K					
Emisiones Totales de GEI (t CO ₂ e) = (L+ M+ N)/1000													
Fuente	Número de placa	(A) Consumo por dos semestres (m ³)	(B) Densidad (kg/m ³)	(C) Peso (kg)	(D) Valor calorífico (Gj/kg)	(E) Energía consumida (GJ)	(F) Factor de emisión (kgCO ₂ /GJ)	(L) Emisiones CO ₂ e (kg)	(H) Factor de emisión (kgCH ₄ /GJ)	(M) Emisiones CO ₂ e (kg)	(J) Factor de emisión (kgN ₂ O/GJ)	(N) Emisiones CO ₂ e (kg)	TOTAL (tCO ₂ e)
	EGJ993	5.347,52	0,65	3.475,89	0,048	166,8	56,1	9.359,87	0,092	383,74	0,003	149,16	9,89
Bus Yutong	EGK122	4.936,37	0,65	3.208,64	0,048	154	56,1	8.640,23	0,092	35,23	0,003	137,69	9,13
	EGK174	4.690,03	0,65	3.048,52	0,048	146,3	56,1	8.209,05	0,092	336,56	0,003	130,82	8,68
	EGF180	6.681,76	0,65	4.343,14	0,048	208,471	56,1	11.695,22	0,092	479,48	0,003	186,37	12,36
	EGF152	5.781,88	0,65	3.758,22	0,048	180,394	56,1	10.120,14	0,092	414,91	0,003	161,27	10,70
Bus Golden Dragon	EGF151	5.050,51	0,65	3.282,83	0,048	157,57	56,1	8.840,00	0,092	362,42	0,003	140,87	9,34
	EGF177	4.638,19	0,65	3.014,82	0,048	144,711	56,1	8.118,31	0,092	332,84	0,003	129,37	8,58
	EGF199	5.937,44	0,65	3.859,34	0,048	185,248	56,1	10.392,42	0,092	426,07	0,003	165,61	10,98
	EGF140	6.888,93	0,65	4.477,81	0,048	214,934	56,1	12.057,84	0,092	494,35	0,003	192,15	12,74
	EGF166	4.484,85	0,65	2.915,15	0,048	139,927	56,1	7.849,93	0,092	321,83	0,003	125,10	8,30

ANEXO 7: Distribución de las preferencias del uso de transporte para el desplazamiento al campus por estrato

Tipo de transporte	Administrativo	Docente	Posgrado	Pregrado	Total general	Porcentaje del total	Total usan dos o más transportes	Porcentaje del total
Auto a diesel	0	5	6	0	11	1	0	0%
Auto a gasolina	23	76	135	6	240	23%	0	0%
Auto a GLP	3	1	1	0	5	0%	0	0%
Auto a GNV	2	4	4	1	11	1%	0	0%
Bicicleta	5	5	17	6	33	3%	0	0%
Bus a diesel	24	12	17	28	81	8%	15	1%
Camina "coaster"	3 60	7 28	5 29	5 168	20 285	2% 27%	6 246	1% 23%
Colectivo	12	0	0	4	16	2%	7	1%
Combi	35	8	6	70	119	11%	24	2%
Corredor Complementario	6	19	30	36	91	9%	90	8%
Metro de Lima	3	0	0	9	12	1%	4	0%
Metropolitano	1	7	20	8	36	3%	2	0%
Minivan a Diesel	1	0	0	0	1	0%	4	0%
Motocicleta	3	0	0	0	3	0%	16	2%
Mototaxi	0	1	0	0	1	0%	0	0%
Taxi	9	6	26	0	41	4%	0	0%
Bus UNALM	25	2	0	19	46	4%	76	7%
Total general	215	181	296	360	1066	100%	490	46%

ANEXO 8: Distribución según el tiempo que tarda la comunidad universitaria en desplazarse al campus

Distrito de Procedencia	Tiempo (minutos)								
	5-15	16-25	26-45	46-65	66-85	86-105	106-125	126-145	146-180
Ate Vitarte	3	5	40	16	4	3	2	0	0
Barranco	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bellavista	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Breña	0	0	1	4	2	2	1	0	0
Callao	0	0	0	5	1	7	3	1	3
Carabayllo	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cercado de Lima	0	0	2	16	6	5	3	0	0
Chaclacayo	0	0	0	5	0	7	1	0	0
Chorrillos	0	0	1	4	5	5	4	0	0
Chosica	0	0	2	3	0	2	2	0	0
Cieneguilla	0	2	8	0	1	0	0	0	1
Comas	0	0	0	4	2	3	8	1	1
El Agustino	0	0	6	11	1	0	0	0	0
Independencia	0	0	0	1	1	2	3	1	0
Jesus María	0	0	2	9	4	0	2	0	0
La Molina	115	54	33	2	0	0	0	0	0
La Victoria	0	0	5	15	3	2	0	0	0
Lince	0	0	5	22	3	3	0	0	0
Los Olivos	0	0	1	11	6	12	9	0	0
Lurigancho chosica	0	0	0	0	2	1	0	0	0
Lurín	0	0	1	1	0	2	1	0	1
Magdalena	0	0	2	4	1	3	0	0	0
Miraflores	0	0	11	10	1	2	0	0	0
Pachacamac	0	2	19	2	0	2	1	0	0
Pueblo Libre	1	0	7	8	4	5	1	0	0
Puente Piedra	0	0	0	0	0	4	4	1	0
Punta Hermosa	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rimac	0	0	1	4	3	5	1	0	0
San Borja	0	4	20	15	2	1	0	0	0
San Isidro	0	4	6	6	0	0	0	0	0
San Juan de Lurigancho	0	0	3	19	14	15	1	0	2
San Juan de Miraflores	0	0	6	10	9	4	0	0	0
San Luis	0	0	7	6	1	0	0	0	0
San Martín de Porres	0	0	2	3	9	14	6	2	1
San Miguel	0	0	2	4	7	8	0	0	0
Santa Anita	1	10	41	4	0	0	0	0	0
Surco	0	7	30	17	7	6	1	0	0
Surquillo	0	1	9	6	3	1	0	0	0
Ventanilla	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Villa El Salvador	0	0	0	1	3	9	3	0	0

ANEXO 8: (... continuación)

Distrito de Procedencia	Tiempo (minutos)								
	5-15	16-25	26-45	46-65	66-85	86-105	106-125	126-145	146-180
Villa María del Triunfo	0	0	0	5	4	7	1	0	0
Total	120	90	273	253	111	142	60	7	10
Porcentaje (%)	11.3	8.4	25.6	23.7	10.4	13.3	5.6	0.7	0.9

ANEXO 9: Distribución según el distrito de procedencia y el tipo de estamento de la comunidad universitaria

Distrito de procedencia	Administrativo	Docente	Posgrado	Pregrado	Total general
Ate Vitarte	0.76%	0.76%	1.81%	3.52%	6.84%
Barranco	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.10%
Bellavista	0.10%	0.00%	0.00%	0.10%	0.19%
Breña	0.19%	0.00%	0.10%	0.67%	0.95%
Callao	0.57%	0.19%	0.57%	0.48%	1.81%
Carabaylo	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.10%
Cercado de Lima	0.19%	0.29%	1.14%	1.33%	2.95%
Chaclacayo	0.10%	0.19%	0.29%	0.67%	1.24%
Chorrillos	0.19%	0.29%	0.29%	1.05%	1.81%
Chosica	0.10%	0.19%	0.38%	0.19%	0.86%
Cieneguilla	0.48%	0.00%	0.00%	0.67%	1.14%
Comas	0.29%	0.19%	0.29%	1.05%	1.81%
El Agustino	0.95%	0.19%	0.19%	0.29%	1.62%
Independencia	0.10%	0.00%	0.00%	0.67%	0.76%
Jesús María	0.29%	0.48%	0.48%	0.29%	1.52%
La Molina	5.42%	4.56%	6.27%	3.04%	19.30%
La Victoria	0.29%	0.38%	0.86%	0.86%	2.38%
Lince	0.19%	1.05%	1.62%	0.38%	3.23%
Los Olivos	1.05%	0.67%	0.67%	1.33%	3.71%
Lurigancho Chosica	0.10%	0.00%	0.00%	0.19%	0.29%
Lurín	0.00%	0.00%	0.19%	0.38%	0.57%
Magdalena	0.19%	0.19%	0.29%	0.29%	0.95%
Miraflores	0.00%	0.29%	1.62%	0.38%	2.28%
Pachacamac	1.43%	0.10%	0.00%	0.95%	2.47%
Pueblo Libre	0.19%	0.76%	0.76%	0.48%	2.19%
Puente Piedra	0.00%	0.00%	0.19%	0.67%	0.86%
Punta Hermosa	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%
Rímac	0.10%	0.29%	0.29%	0.57%	1.24%
San Borja	0.67%	1.05%	1.62%	0.67%	3.99%
San Isidro	0.10%	0.38%	0.95%	0.10%	1.52%
San Juan de Lurigancho	1.33%	0.48%	0.38%	2.66%	4.85%
San Juan de Miraflores	0.57%	0.10%	0.57%	1.52%	2.76%
San Luis	0.00%	0.29%	0.57%	0.48%	1.33%
San Martín de Porres	0.95%	0.86%	0.48%	1.14%	3.42%
San Miguel	0.48%	0.29%	0.48%	0.76%	2.00%
Santa Anita	0.86%	0.67%	2.19%	1.62%	5.32%
Surco	0.76%	1.62%	2.00%	2.09%	6.46%
Surquillo	0.38%	0.38%	0.67%	0.48%	1.90%
Ventanilla	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.10%

ANEXO 9: (...continuación)

Distrito de procedencia	Administrativo	Docente	Posgrado	Pregrado	Total general
Villa El Salvador	0.19%	0.10%	0.00%	1.24%	1.52%
Villa María del Triunfo	0.86%	0.00%	0.00%	0.76%	1.62%
Total general	20.44%	17.21%	28.14%	34.22%	100.00%

ANEXO 10: Cálculos de la huella de carbono – alcance 3 (emisiones indirectas)

Ejemplo del cálculo de GEI en toneladas de CO₂e

	Datos obtenidos				CO ₂			CH ₄			N ₂ O		CO ₂ e	
	A	B	C	D	E	F	(G)	H	I	(J)	K	L	(M)	(N)
Fuente móvil	Distancia promedio recorrida (km)	Días por semana	Semanas lectivas	Nivel de ocupación	Factor de Emisión de CO ₂ (kg CO ₂ /km)	PCG	Emisiones de CO ₂ (tCO ₂)	Factor de Emisión de CH ₄ (kg CO ₂ /km)	PCG	Emisiones de CH ₄ (tCH ₄)	Factor de Emisión de N ₂ O (kg CO ₂ /km)	PCG	Emisiones de N ₂ O (tN ₂ O)	Emisiones Totales (tCO ₂ e)
					G = A*B*C*D*E*F			J = A*B*C*D*H*I			M = A*B*C*D*K*L			
(N) Emisiones Totales de GEI (t CO₂e) = (G + J+ M) / 1000														
Motocicleta	1,6	5	32	1	0,117	1	0,0300	0,0022	25	0,014	0,00058	298	0,044	0,088
Mototaxi	0,8	5	32	1	0,08499	1	0,0109	0,00207	25	0,007	0,0003	298	0,011	0,029
Taxi	7,9	3	32	1	0,1856	1	0,1408	0,00019	25	0,004	0,00116	298	0,262	0,407
Colectivo	6,5	5	32	7	0,1856	1	0,0276	0,00019	25	0,001	0,00116	298	0,051	0,080
Combi	9,8	5	32	7	0,25529	1	0,0572	0,00057	25	0,003	0,00147	298	0,098	0,159
Auto a Gasolina	15,5	5	32	1	0,15942	1	0,3954	0,00035	25	0,022	0,0005	298	0,370	0,787
Auto a Diesel	1,1	5	32	1	0,18115	1	0,0319	0,00001	25	0,000	0,00191	298	0,100	0,132
Auto a GLP	17,8	5	32	1	0,20005	1	0,5697	0,00008	25	0,006	0,00064	298	0,543	1,119
Auto a GNV	11,7	5	32	1	0,17748	1	0,3322	0,00177	25	0,083	0,00064	298	0,357	0,772
“coaster”	17,4	5	32	30	0,90374	1	0,0839	0,1165	25	0,270	0,00001	298	0,000	0,354
Bus a Diesel	12,5	5	32	90	0,90374	1	0,0201	0,1165	25	0,065	0,00001	298	0,000	0,085
Corredor Complementario	16,2	5	32	90	0,224	1	0,0065	0,00029	25	0,000	0,00004	298	0,000	0,007
Metropolitano	10,8	5	32	160	0,2688	1	0,0029	0,00034	25	0,000	0,00004	298	0,000	0,003
Bicicleta	2,5	5	32	1	0	1	0,0000	0	25	0,000	0	298	0,000	0,000
Camina	1	5	32	1	0	1	0,0000	0	25	0,000	0	298	0,000	0,000