UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CARBONO NEUTRO, PUCALLPA - PERÚ"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

MANUEL PÉREZ RUÍZ

PUCALLPA-PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 94

En el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UNU, siendo las 10:49 horas a.m. del día martes 23 de abril del 2019, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador designado con memo múltiple 056-2019-UNU-FCFyA-CGT conformando por los siguientes docentes:

- Dr. Roly Baldoceda Astete — Presidente
- Dr. Aparicio Limache Alonzo — Miembro
- Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón — Miembro

Para evaluar la sustentación de la tesis titulada **"CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CARBONO NEUTRO, PUCALLPA-PERÚ"**. Presentado por el bachiller **MANUEL PÉREZ RUÍZ**.

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas de parte del jurado, los cuales fueron absueltas por el sustentante. Por esta razón el jurado **APROBÓ** la tesis por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**, declarando al sustentante **APTO** para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, siendo asesora la **Dr. Zenayda Emilia Estrada Tuesta**.

Siendo las 12:36 horas p.m. del mismo día, se dio por concluida el acto académico.

Dr. Roly Baldoceda Astete
Presidente

Dr. Aparicio Limache Alonzo
Miembro

Ing. M.Sc Tedy Tuesta Torrejón
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Roly Baldoceda Astete

.....
Presidente

Dr. Aparicio Limache Alonzo

.....
Miembro

Ing. M. Sc. Tedy Tuesta Torrejón

.....
Miembro

Dr. Zenayda Emilia Estrada Tuesta

.....
Asesora

Bach. Manuel Pérez Ruíz

.....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Constancia

N° 028

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el PROYECTO DE INVESTIGACION titulado:

"CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CARBONO NEUTRO, PUCALLPA-PERÚ".

Cuyo autor es:

Manuel, Pérez Ruiz

Asesora: **Dra. Zenayda, Estrada Tuesta**

Escuela: **Ingeniería Ambiental**

Facultad: **Ciencias Forestales y Ambientales**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **6%.**

El tal que de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en la DIRECTIVA DE USO

DEL SISTEMA ANTIPLAGIO (10%), en el artículo 9: "Criterios de porcentaje de similitud". Se declara, que dicho trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 01/02/2019

Firma: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI Dirección General de Producción Intelectual
DRA. DINA PARI QUISPE
Dirección General de Producción Intelectual

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, MANUEL PÉREZ RUIZ

Autor de la TESIS titulada:

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CARBONO NEUTRO, PUCALLPA – PERÚ

Sustentada el año: 2019

Con la asesoría de: DRA. ZENAYDA ESTRADA TUESTA

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Carrera Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

- [x] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
- [ ] Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 15 / 08 / 2019

Email: MANU_PRUIZ@HOTMAIL.COM

Firma:

Teléfono: 937077259

DNI: 70417654

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre a mi lado y por todas las bendiciones recibidas.

A mi madre Araceli Ruíz Silvano, por brindarme su apoyo incondicional en mi formación profesional y personal, por su dedicación e infinito amor. A mi hijo Manuel Antonio por darme la dicha de ser padre.

A Maricielo por formar parte de mi vida y Meliza por su amor y apoyo. A mis abuelos Francisca y Lucio por sus cuidados en mi infancia, que Dios los tenga en su gloria

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad Nacional de Ucayali, quienes me brindaron sus valiosos conocimientos en el transcurso de la carrera universitaria.

A la Dra. Zenayda Emilia Estrada Tuesta, asesora de esta tesis, por su motivación, confianza e interés durante todo el desarrollo de la tesis.

Al Ing. M. Sc Neptalí Bustamante Guillen, docente de la Universidad Agraria La Molina (UNALM), por su tiempo y paciencia para atender todas las dudas y por las facilidades brindadas durante la estadía en la ciudad de Lima.

A los docentes, estudiantes, personal administrativo, encargados de los laboratorios y carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali por su disposición en la información brindada.

A mis amigos Omar Ushiñahua Rucoba y Mijaíl Huaracha Vílchez, por su apoyo en la etapa de recopilación de datos.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron a que este trabajo de investigación pudiera llevarse a cabo.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA ..... **v**
AGRADECIMIENTO ..... **vii**
ÍNDICE DEL CONTENIDO ..... **viii**
INDICE DE TABLAS ..... **x**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xi**
RESUMEN ..... **xii**
ABSTRACT ..... **xiv**
INTRODUCCIÓN **1**
CAPÍTULO I **4**
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **4**
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 5
CAPÍTULO II **7**
MARCO TEÓRICO **7**
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 7
2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 10
2.2.1. Cambio Climático (CC) 10
2.2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI) 12
2.2.3. Potencial de Calentamiento Global (PCG) 13
2.2.4. Huella de Carbono (HC) 14
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 16
CAPÍTULO III **19**
METODOLOGÍA **19**
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES 19
3.1.1. Historia 19
3.1.2. Infraestructura 20
3.1.3. Misión de la FCFyA 21
3.1.4. Visión de la FCFyA 21
3.1.5. Estructura 22
3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 23
3.2.1. Delimitación de tiempo y espacio 23
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 23
3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 24
3.4.1. Determinación de los límites organizacionales y operacionales. 24
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 27
3.5.1. Materiales y Equipos 27
3.5.2. Técnica para la recolección de datos 28
3.6. PROCESAMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 28
3.6.1. Metodología para la cuantificación de emisiones de GEI 28

3.7. Tratamiento de datos 41
CAPÍTULO IV 42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42
4.1. CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES 42
4.1.1. Estimación de la Huella de Carbono per cápita 42
4.2. CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GEI PERTENECIENTES AL ALCANCE 1 44
4.2.1. Cuantificación de las emisiones directas de GEI por consumo de combustible 44
4.3. CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GEI PERTENECIENTES AL ALCANCE 2 46
4.3.1. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica 46
4.3.2. Determinación del factor de emisión de energía eléctrica 47
4.4. CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GEI PERTENECIENTES AL ALCANCE 3 50
4.4.1. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel 50
4.4.2. Cuantificación de las emisiones indirectas de CH_4 por generación de residuos sólidos 52
4.4.3. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por transporte Casa-UNU 54
4.4.4. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por viajes terrestre 58
4.4.5. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por viajes aéreos 60
CAPÍTULO V 63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 63
5.1. CONCLUSIONES 63
5.2. RECOMENDACIONES 64
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 65
ANEXOS 72
Anexo 1: Plan de Carbono Neutro 73
Anexo 2: Emisiones directas de GEI por consumo de combustible en la FCFyA de la UNU 82
ANEXO 3: Emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica 83
ANEXO 4: Emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica 84
ANEXO 5: Formato de encuesta 85
ANEXO 6: Uso de combustibles 86
ANEXO 7: Cálculo para estimar las emisiones de los combustibles 87
ANEXO 8: Caracterización de residuos sólidos por áreas pertenecientes a la FCFyA 88
ANEXO 9: Cálculos para estimar el COD y emisiones de residuos sólidos 89
ANEXO 10: Factor de emisiones de CO_2 por tipo de vehículo 90
ANEXO 11: Factor de emisión de CH_4 y N_2O por tipo de vehículo 91
ANEXO 12: Viajes terrestres durante el año 2017 92
ANEXO 13: Detalles de los viajes terrestres por ruta 92
ANEXO 14: Viajes aéreos durante el año 2017 93
ANEXO 15: Detalle de los viajes aéreos por vuelos 93
ANEXO 16: Panel fotográfico 94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencial de Calentamiento Global de los Principales GEI 14
Tabla 2. Áreas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales... 20
Tabla 3. Valor Calorífico Neto y Densidad del Combustible Fósil 29
Tabla 4. Factor de Emisión de los Combustibles de Fuentes Estacionarias 30
Tabla 5. Categoría de vuelos y Factor de Emisiones..... 38
Tabla 6. Emisiones totales de GEI por alcance 42
Tabla 7. Estimación per cápita de la Huella de Carbono 43
Tabla 8. Consumo de Combustible 2017..... 44
Tabla 9. Emisiones de GEI por consumo de combustible..... 45
Tabla 10. Consumo eléctrico de las áreas de la FCFyA 46
Tabla 11. Tipo y consumo de combustibles para generar energía termoeléctrica..... 48
Tabla 12. Factores de emisión por tipo de combustible..... 48
Tabla 13. Factor de emisión de energía eléctrica para el año 2017..... 48
Tabla 14. Emisión de GEI por consumo de energía..... 49
Tabla 15. Emisiones de GEI por consumo de papel..... 51
Tabla 16. Composición de residuos diario y anual de la FCFyA 52
Tabla 17. Residuos sólidos a analizar 53
Tabla 18. Emisiones de CO_2 producidos por los residuos sólidos 53
Tabla 19. Emisiones de GEI por transporte Casa-UNU-Casa..... 55
Tabla 20. Emisiones de GEI por viajes terrestres según ruta 58
Tabla 21. Emisiones de GEI por viajes aéreos según ruta 61

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto:

Figura 1. Mapa de ubicación de las áreas pertenecientes por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali 21
Figura 2. Limites Organizacional y Operacional de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales 27
Figura 3. Distribución de las emisiones de GEI totales según alcance 43
Figura 4. Emisiones de GEI por consumo de combustible 45
Figura 5. Matriz Energética Peruana 2017 por tipo de generación 47
Figura 6. Emisiones por consumo de energía eléctrica 49
Figura 7. Emisiones generadas por Casa-UNU-Casa 56
Figura 8. Tipos de vehículos utilizados en el transporte Casa-UNU-Casa 57
Figura 9. Emisiones por viajes terrestres 59
Figura 10. Emisiones por viaje aéreos 62

En el anexo:

Figura 11. Identificación de potencias nominales en los aparatos electrónicos y equipos……...94
Figura 12. Taller de carpintería, identificación y encuesta……94
Figura 13. Caracterización de residuos sólidos generados por las diferentes áreas...95
Figura 14. Residuos sólidos recogidas en bolsas negras con sus identificaciones…..95
Figura 15. Contabilización de fluorescentes pertenecientes a la facultad……..…96
Figura 16. Taller de carpintería de la facultad de ciencias forestales y ambientales...96

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo calcular la Huella de Carbono en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. La metodología utilizada fue la propuesta por el protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG protocol), elaborado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI). Asimismo los factores de emisión se tomó de organizamos internacionales como el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) entre otros factores de emisión para la cuantificación de las emisiones expresadas en tCO_2eq.

Se definieron los límites organizacionales y operacionales para la identificación de las fuentes de emisión y posterior clasificación dentro de los alcances (1, 2 y 3). Alcance 1: derivadas por el consumo de combustible, alcance 2: derivadas del consumo de energía eléctrica y alcance 3: derivadas del consumo de papel, generación de residuos sólidos y transportes. Posteriormente se aplicó una encuesta a 226 estudiantes, 34 docentes y 18 personal administrativo, con la finalidad de obtener información con respecto al transporte utilizado. Asimismo, se realizó un inventario eléctrico en las áreas pertenecientes a la Facultad e información recopilada de la oficina de decanatura y administración.

Se obtuvo como resultado un total de 153.73 tCO_2eq, de las cuales el 80.3% pertenece al alcance 3. Dentro del alcance 3, la principal fuente de emisión es el uso del transporte Casa-UNU-Casa representando el 76.61% del total con un valor de 117.77 tCO_2eq. El alcance 2, correspondiente a las emisiones indirectas por producto del consumo de energía eléctrica, fue la segunda de mayor emisión con un 19% del total y un valor de 29.21 tCO_2eq. Asimismo, el

alcance 1, correspondiente al consumo de combustible representa a la fuente de menor emisión con un 0.7% del total y un valor de 1.07 tCO_2eq emitidos.

Por último, se planteó la elaboración de un Plan de Carbono Neutro con medidas de reducción y compensación para mitigar el aporte de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Ello permitirá que la facultad sea reconocida como ambientalmente responsable e incluso permitirle participar del mercado de bonos de carbono.

Palabras claves: Huella de Carbono, Gases de Efecto Invernadero, tCO_2eq, Factor de Emisión.

ABSTRACT

The objective of the research was to calculate the carbon footprint in the faculty of forestry and environmental sciences. The methodology used was the one proposed by the greenhouse gas protocol (GHG protocol), prepared by the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and the World Resources Institute (WRI). Also the emission factors were taken from international organizations such as the intergovernmental panel on climate change (IPCC) among other emission factors for the quantification of the emissions expressed in tCO_2eq.

The organizational and operational limits were defined for the identification of the sources of emission and subsequent classification within the scope (1, 2 and 3). Scope 1: derived by fuel consumption, scope 2: derived from the consumption of electrical energy and scope 3: derived from paper consumption, generation of solid waste and transport. Subsequently, a survey was applied to 226 students, 34 teachers and 18 administrative personnel, in order to obtain information regarding the transport used. An electrical inventory was also carried out in the areas belonging to the faculty and information compiled from the office of deanaturation and administration.

A total of 153.73 tCO_2eq was obtained, of which 80.3% belongs to scope 3. Within range 3, the house-UNU-house transport, representing 76.61% of the total with a value of 117 tCO_2eq. Scope 2, corresponding to indirect emissions, was the second highest emission with 19% of the total and a value of 29.21 tCO_2eq. likewise, scope 1, corresponding to fuel consumption, represents the

lowest emitting source with 0.7% of the total and a value of 1.07 tCO_2eq emitted.

Finally, the elaboration of a neutral carbon plan with reduction and compensation measures to mitigate the contribution of greenhouse gas (GHG) emissions was proposed. This will allow the faculty to be recognized as environmentally responsible and even allow it to participate in the carbon market.

Keywords: Carbon Footprint, Greenhouse Gases, CO_2 equivalent, Emission factor.

INTRODUCCIÓN

A partir de la revolución industrial, la actividad humana ha exacerbado el efecto invernadero a través del aumento significativo de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, especialmente dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). De esta manera, se desnaturaliza el mecanismo positivo del efecto invernadero transformándolo en un problema que altera la composición de la atmósfera mundial, la variabilidad natural del clima e intensifica el calentamiento gradual de la superficie (Vargas, 2009).

En la actualidad, se viene usando el término cambio climático para referirse al acelerado calentamiento que se viene produciendo en la superficie terrestre como resultado de una mayor acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El aumento de la temperatura en la superficie de la Tierra es considerado como una grave amenaza para la estabilidad política, económica y social de las naciones. Siendo el cambio climático un evento irreversible, numerosas autoridades científicas advierten que la humanidad debería estar preparada ante esta nueva realidad no sólo planificando, sino ejecutando políticas públicas encaminadas a enfrentar la tarea de aminorar emisiones de CO_2, causante del 81% del calentamiento global (Sánchez y Rivero, 2007).

El Perú es responsable de apenas el 0.4% de Gases de Efecto Invernadero. Sin embargo, es el tercer país más vulnerable a los riesgos climáticos. En los últimos 30 años, perdió el 22% de la superficie de sus glaciares, que son el 71 % de los glaciares tropicales del mundo (MINAM, 2009).

Es por ello necesario unir esfuerzos y adoptar acciones concretas para evitar un daño mayor al sistema climático. Se deberían conocer las causas del problema y generar conciencia en los sectores políticos y académicos; pues incorporando el cambio climático en los procesos de planificación y desarrollo a nivel nacional, sectorial y local estarían contribuyendo a la protección del planeta.

En este sentido, el análisis de Huella de Carbono proporciona como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de la actividad que desarrolla la organización. La Huella de Carbono se configura así como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales con mejor comportamiento medioambiental (OECC, 2014).

La Huella de Carbono, por tanto consiste en la medición de la totalidad de GEI emitidos directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto. Muestra el impacto ambiental a través de la realización de un inventario de las emisiones asociadas a los diferente GEI. Una vez calculado el tamaño de la huella se pueden implementar las medidas de mitigación y compensación que permitan reducir el impacto medioambiental (Tu Transformas, 2010).

Mediante el trabajo de investigación se pretende calcular las emisiones de GEI en cantidad de CO_2 equivalente de las diferentes actividades que se realizan en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Usando la metodología GHG Protocol elaborada

por Word Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Al establecer la Huella de Carbono en la Facultad se cuantificará la cantidad de CO_2 equivalente y se determinará los procesos en los cuales la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales está emitiendo más CO_2, y proponer estrategias posteriores para disminuir dichas emisiones.

El trabajo de investigación tiene como objetivo principal calcular la Huella de Carbono en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali para la elaboración de un plan de carbono neutro. Para ello se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Calcular las emisiones generadas en el consumo de combustible en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.
- Calcular las emisiones generadas en el consumo de energía eléctrica en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.
- Calcular las emisiones generadas en el uso del transporte, consumo de papel y residuos sólidos en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En estos últimos años, la importancia del cambio climático ha aumentado considerablemente y ha tenido una repercusión a nivel global. Este fenómeno asociado al concepto del calentamiento global se presenta como uno de los grandes desafíos a los que debe enfrentarse la sociedad (Gonzales, 2014). Casi todas las actividades que se realizan (movilidad, alimentación, etc.) y bienes que se utilizan (bienes de consumo, hogar, etc.) implica el consumo de energía, lo que significa contribuir emisiones a la atmósfera. (Barreda y Polo, 2010).

El cambio climático, por la importancia de las actividades que lo originan y por sus alcances y consecuencias, no solo constituye un problema ambiental sino, también y sobre todo, un problema de desarrollo, con profundos impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas. Mitigar el cambio climático implica limitar y reducir las emisiones de GEI a la atmosfera, a niveles muy inferiores a los que prevalecen en la actualidad (Tu transformas, 2010).

El Perú es país parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde 1992 y del Protocolo de Kyoto desde 2002, y por tanto se alinea al objetivo de la Convención de estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera y evitar llegar a un nivel de interferencia antropógenica peligrosa. Dentro de este marco, el Perú cuenta con una Política Nacional del Ambiente aprobada y difundida, que incluye entre sus objetivos la adaptación de la población y sus actividades frente al cambio climático, y el

establecimiento de medidas de adaptación orientadas al desarrollo sostenible (MINAM, 2010).

El término “Huella de Carbono” fue utilizado mucho antes de que se estableciera una definición única, esto llevó a Thomas Wiedmann y Jann Minx a hacer un estudio sobre sus usos y tras una investigación, sugirieron en 2007, un término académico para la “Huella de Carbono”, basado en la definición científica comúnmente aceptada y tomando en cuenta los principios y los métodos de modelización (Núñez, 2012).

La Huella de Carbono es un indicador de los GEI emitidos por un individuo, organización o producto cuyo impacto se mide llevando a cabo un inventario de emisiones con arreglo a normativas o protocolos internacionales reconocidos. Una vez conocido su tamaño, es posible implementar una estrategia de reducción de emisiones a través de programas públicos o privados. De esta manera, se da respuesta a las demandas de objetivos y compromisos para reducir los GEI, especialmente en sectores difusos o con más problemas. Calcular esa huella en cada caso en concreto y gestionarla puede conllevar ventajas para las empresas que emplean las herramientas adecuadas a tal fin (MAPFRE, 2013).

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Pregunta General

- ¿En cuánto se calcula la Huella de Carbono en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali?

1.1.2. Preguntas Específicos

- ¿En cuánto se calcula las emisiones generadas en el consumo de combustible en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales?

- ¿En cuánto se calcula las emisiones generadas en el consumo de energía eléctrica en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales?

- ¿En cuánto se calcula las emisiones generadas en el uso del transporte, consumo de papel y residuos sólidos en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales?

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

(Viteri, 2013), calculó la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial para el año 2012. En el cual quedaron definidos tres alcances de la facultad, el alcance 1, correspondiente a las emisiones generadas por máquinas y equipos estacionarios propios, alcance 2, en el cual constan las emisiones generadas por el uso de energía adquirida, en este caso electricidad y por el uso de refrigerantes, y alcance 3, en el que constan las emisiones indirectas hechas por los viajes aéreos del personal de la institución y el consumo de papel.

El valor obtenido para la Facultad de Ciencias de la Ingeniería fue de 151.41 tCO_2eq durante el 2009, 129.80 tCO_2eq durante el 2010, 158.58 tCO_2eq durante el 2011 y 142.40 tCO_2eq durante el 2012. Se observó que el alcance 2 tuvo las mayores emisiones, teniendo un 95.52% de aporte dentro de la Huella de Carbono. Con respecto a las emisiones por componente, se pudo determinar que el consumo de electricidad generó más emisiones de CO_2eq, aportando con un 83.79% de las emisiones totales de la huella calculada.

(PUCC y Oficina de Sustentabilidad, 2013), calcularon la Huella de Carbono de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Católica de Chile para el año 2012. Utilizando la metodología GHG protocol. En las cuales clasificaron en tres grupos de acuerdo a sus alcances; alcance 1: emisiones directas, donde evaluaron la generación de CO_2 por consumo de gas natural en las diferentes áreas de la Escuela de Ingeniería; alcance 2: emisiones

indirectas, donde evaluaron el equivalente en emisiones de CO2 por consumo eléctrico, y alcance 3: emisiones indirectas de otras fuentes, donde evaluaron el uso de medios de transporte de la comunidad, viajes aéreos de los docentes, residuos sólidos y papel utilizado.

Encontraron que la Huella de Carbono evaluada es equivalente a la emisión anual de 2930.81 tCO2eq. Hallándose que las emisiones indirectas del alcance 3 son la de mayor emisión con un total de 2157.50 tCO_2eq, correspondiente al 73.61% de las emisiones totales de la escuela. Seguido por el alcance 2 con un total de emisiones de 739.29 tCO_2eq, correspondiente al 25.22% de las emisiones totales. Por último, el alcance 1 con un total de emisiones de 34.03 tCO_2eq, representando un 1.16% de las emisiones totales.

(Reyes, 2014), calculó la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Córdoba para el año 2013. La metodología escogida para el cálculo fue la GHG protocol. En el análisis se identificaron al Alcance 1: siendo la principal fuente de emisión en este alcance es el consumo de gas natural que se utiliza como combustible para la climatización de los edificios y procedente de diferentes fuentes del Aulario como el servicio de cafetería. Alcance 2: Para este alcance se ha identificado como fuentes de emisión el consumo de las luminarias de los edificios así como el consumo de la climatización y las luminarias del Aulario. Alcance 3: Para este alcance, en el que se identifican otras emisiones indirectas, se ha tenido en cuenta el transporte asociado de los estudiantes y profesorado.

De este modo, la Huella de Carbono total fue de 353.48 tCO_2eq. Siendo el de mayor emisión el alcance 3 con un 80% del total de las emisiones lo que

corresponde a 283.05 tCO_2eq, seguido por el alcance 2 con un 17% del total de las emisiones lo que corresponde a 61.36 tCO_2eq. Por último el alcance 1 con 3% del total de emisiones correspondiente a 8.91 tCO_2eq.

(Díaz, 2015), calculó la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile para el periodo Abril 2014-Abril 2015. Para la medición se consideró la metodología GHG protocol. Para el alcance 1: se identificaron como fuente de emisión la gasolina, diesel, gas licuado, aire acondicionado y gas de ciudad. Para el alcance 2: electricidad y alcance 3: papel, residuos sólidos y transporte.

El resultado obtenido fue total de 7076.9 tCO_2eq. Teniendo al alcance 3 como el de mayor emisión con un total 4089.898 tCO_2eq representando un 58% del total. Seguido por el alcance 2 con un total de 2645.888 tCO_2eq representado un 37% del total. Por último el alcance 1 con un total de 341.094 tCO_2eq.

(Ortiz y Hostos, 2016), calcularon la Huella de Carbono de la Facultad de artes ASAB de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para el año 2015. Para estimar las emisiones la metodología utilizada fue la ISO 14064 (Organización Internacional para la Estandarización-Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero). Clasificaron las actividades establecidas de acuerdo a los alcances de emisión directa (alcance 1), emisiones indirectas (alcance 2) y otras emisiones (alcance 3).

Obtuvo como resultado una Huella de Carbono total de 24.66 tCO_2eq. Siendo el alcance 2 la de mayor emisión con un 79.3% del total de emisiones con un valor de 19.5714 tCO_2eq. Seguido por el alcance 3 con un 20.2% del

total de emisiones con un valor de 4.9695 tCO_2eq. Por último el alcance 1 con un 0.5% del total de emisiones correspondiendo un 0.12 tCO_2eq.

(Estrada, 2017), calculó la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali para el año 2016. La metodología utilizada en el estudio fue la GHG protocol. Se identificaron las fuentes de emisiones pertenecientes cada alcance. Alcance 1: consumo de combustibles, alcance 2: consumo de energía eléctrica y alcance 3: sobre los residuos sólidos, papel y transporte.

Encontró que la Huella de Carbono emitido fue de 102.068 tCO_2eq. Teniendo al alcance 3 como el de mayor emisión con un total de 85.483 tCO_2eq, representando un 85.43% del total de emisiones. Asimismo el alcance 2 representa un 12.43% del total de emisiones con un valor de 14.436 tCO_2eq. Finalmente teniendo al alcance 1 como el de menor emisión con un valor de 2.149 tCO_2eq, representando un 2.15% del total emitido.

2.2. Planteamiento teórico del problema

2.2.1. Cambio Climático (CC)

Es la variación de las condiciones climáticas medias y/o variabilidad de sus propiedades que se puede identificar (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) y que se mantiene durante un periodo de tiempo prolongado, generalmente de cada o por más tiempo. El cambio climático puede ser producido debido a procesos naturales internos, a forzamientos externos o a cambios antropogènicos duraderos en la composición de la atmosfera o en los usos de suelo (IPCC, 2007).

La principal actividad humana que ha causado el cambio climático, y que lo seguirá causando durante el presente siglo, es el consumo de combustibles fósiles, en particular petróleo y carbón, que emite dióxido de carbono (CO_2). El mecanismo mediante el cual el CO_2 y otros gases producen el calentamiento global se denomina efecto invernadero (Rodríguez y Mance, 2009).

El cambio climático en el Perú ha sido un tema de fondo de creciente recurrencia durante los últimos 25 años, período durante el cual se ha venido incluyendo en la agenda político-ambiental nacional debido a las convocatorias de diversos organismos internacionales, a los compromisos de acción firmados y a los fondos generados para acciones de monitoreo, investigación y otras, que comenzaron a hacer visible este problema global.

Según los estudios realizados por (Vargas y Barco, s.f.) y de acuerdo con el Tyndall Centre for Climate Change Research, el Perú se encontraría entre los diez países más vulnerables ante eventos climáticos, lo que estaría asociado a la alta dependencia de algunas regiones a sectores sensibles al cambio climático, tales como el agrícola y el pesquero; así como al bajo nivel institucional, que dificulta la planificación y ejecución de acciones de adaptación concretas.

Actualmente el cambio climático es una preocupación en prácticamente todos los sectores de la administración del país, tanto a escala nacional como regional y local, y un motivo de actividades y proyectos de empresas privadas y organismos no gubernamentales.

2.2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

- **Dióxido de carbono (CO_2)**

El dióxido de carbono no es un contaminante en sentido convencional, es un componente natural de la atmosfera (0.033%) y es esencial para el crecimiento de las plantas (Kiely, 1999). Sin embargo, se ve incrementado por ser un subproducto del quemado de combustibles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, o de los cambios de uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el GEI antropógeno que más afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es también el gas de referencia para la medición de otros GEI y, por consiguiente, su Potencial de Calentamiento Global (PCG) es igual a 1 (IPCC, 2007).

- **Metano (CH_4)**

El metano es un GEI que se genera en la naturaleza en condiciones anaerobias. Este proceso tiene lugar en lagunas, campos de arroz, ganaderías, rellenos sanitarios y en la producción y consumo de los combustibles fósiles. Las concentraciones atmosféricas de CH_4 en 2005 fueron de 1774 ppm. (IPCC, 2007). El CH_4 tiene un PCG igual a 25 (Forster et al, 2007). El CH_4 posee un tiempo de residencia alto aproximadamente de 10 años, pasado ese tiempo pasa a oxidarse con radicales OH (Kiely, 1999).

- **Óxido de nitrógeno (N_2O)**

El óxido nitroso se produce en el ciclo del nitrógeno mediante la nitrificación de NH_4 a N_2 y N_2O (Kiely, 1999). La fuente antropógeno principal de óxido nitroso es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas

residuales, del quemado de combustibles fosílicos y de los procesos industriales químicos. El óxido nitroso es también producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales pluviales (IPCC, 2007).

2.2.3. Potencial de Calentamiento Global (PCG)

El efecto causado por la emisión de GEI a la atmósfera es medido por el índice conocido como Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en ingles). El PCG es un índice para calcular la contribución al calentamiento mundial relativo debido a la emisión en la atmósfera de un kilogramo de un gas determinado de efecto invernadero, comparado con la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono. Los PCG calculados para diferentes horizontes temporales muestran los efectos de los períodos de vida en la atmósfera de los diferentes gases (IPCC, 2001).

El PCG cambia dependiendo del escenario del tiempo que desea comparar. El acuerdo internacional es usar horizontes de 100 años. De acuerdo al quinto reporte de evaluación del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC), presentado en el 2013 por el Grupo de Trabajo I, se han actualizado los valores PCG de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 1. Potencial de Calentamiento Global de los Principales GEI

Gas	PCG
CO_2	1
CH_4	28
N_2O	265
SF_6	23500
NF_3	162100
HFC-134 a	1300
CFC-11	4660

Fuente: IPCC (2013)

2.2.4. Huella de Carbono (HC)

Según (Reed y Ehrhart, 2007), la Huella de Carbono es la suma total de las emisiones directas e indirectas de GEI asociadas a las actividades de una organización y expresada en CO_2. Asimismo señalan que la Huella de Carbono se calcula elaborando un inventario de emisiones que resulta en un registro de la fuente y la proporción de todos los GEI descargados durante un periodo de tiempo específico.

Asimismo (García, 2013), define la Huella de Carbono es un indicador que mide la cantidad de GEI, expresados en toneladas de CO_2 equivalente, asociados a las actividades de una empresa, entidad, evento, producto, servicio o persona individual. La medición de la Huella de Carbono es la contribución de cada una de estas actividades al calentamiento global, porque sólo se puede actuar sobre lo que se ha medido previamente. El cálculo de la Huella de Carbono es una herramienta que nos permite detectar dónde se producen los principales impactos de la actividad estudiada.

2.2.4.1. Carbono Neutro (CN)

Según el Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC, 2015), carbono neutro es un término que significa tener una Huella de Carbono igual a cero emisiones, es decir, que el balance entre la cantidad de carbono liberada frente a la cantidad equivalente secuestrada o compensada es igual a cero. El concepto de carbono neutro incorpora todos los GEI medidos en términos de CO2 equivalente, más su compensación.

2.2.4.2. Iniciativas relacionadas con la Huella de Carbono en el Perú

En relación con la Huella de Carbono, Perú ha medido su HC interna del Ministerio del Ambiente. Además, el viceministro de gestión ambiental Jorge Mariano Castro Sánchez-Moreno, ha declarado que la HC es un indicador de referencia importante para la toma de decisiones, ya que esta huella permite identificar a distinta escala (personas, productos, procesos industriales, etc.) cuanto CO_2 se emite y dónde están las mayores emisiones, lo que se traduce generalmente en mayores costos (altas emisiones en energía, transporte, papel, etc.), permitiendo entonces bajar los costos a través de medidas de eficiencia de usos de recursos y además se traduce en la disminución o neutralización de las emisiones de CO_2; permitiendo hacer frente al Cambio Climático y estar acorde con el desarrollo sostenible (Castro, 2012) citado por (CPPS, 2014).

En la actualidad Perú cuenta con una Agenda de Acción Ambiental Nacional (2013-2014), la cual es una hoja de ruta que permite dar coherencia al conjunto de propuestas institucionales en las áreas de biodiversidad, cambio

climático, recursos hídricos y calidad ambiental, teniendo como objetivo contribuir a las garantías de la gobernanza ambiental, de esta forma las inversiones públicas y privadas serán sostenibles y se podrá dar cumplimiento a los compromisos asumidos en Rio+20, a los objetivos del Milenio, al Plan Bicentenario, a la Política Nacional del Ambiente (PNA), al Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA 2011-2021) y a los Ejes Estratégicos de la Gestión Ambiental, aprobados por el Consejo de Ministros.

2.3. Definición de términos básicos

- **Factor de emisión:**

Coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones. “Los factores de emisión se basan a menudo en una muestra de datos sobre mediciones, calculados como promedio para determinar una tasa representativa de las emisiones correspondientes a un determinado nivel de actividad en un conjunto dado de condiciones de funcionamiento” (IPCC, 1997, P.14).

- **Combustibles Fósiles:**

“Combustibles basados en carbono procedentes de depósitos de hidrocarburos fósiles, incluidos el carbón, la turba, el petróleo y el gas natural” (IPCC, 2007, p. 78).

- **Efecto Invernadero:**

Los GEI absorben con eficacia la radiación infrarroja, emitida por la superficie de la tierra, las nubes y por la atmosfera debido a estos mismos gases. La atmosfera emite radiación en todas direcciones, incluida la descendente hacia la superficie de la tierra. Por lo tanto, los GEI atrapan el

calor en el sistema superficie-troposfera. Esto se denomina efecto invernadero. (IPCC, 2007, p.80)

- **Emisiones Directas:**

"Las emisiones directas o "puntos de emisión" se definen en el punto de la cadena energética donde éstas son liberadas y se atribuyen a ese punto en la cadena energética, ya sea un sector, una tecnología o una actividad" (IPCC, 2007, p.82). Por ejemplo: las emisiones generadas por las centrales eléctricas que utilizan el carbón como combustible se consideran emisiones directas del sector encargado del suministro de energía.

- **Emisiones Indirectas:**

"Las emisiones indirectas o emisiones "asignadas al sector del consumo final" se refieren a la energía utilizada en los sectores de consumo final y representan las emisiones asociadas a las primeras etapas de producción de energía para el consumo final" (IPCC, 2007, p.82).

- **Residuos Sólidos:**

"Cualquier material incluido dentro de un gran rango de materiales sólidos, también algunos líquidos, que se tiran o rechazan por estar gastados, ser inútiles, excesivos o sin valor. Normalmente, no se incluyen residuos sólidos de instalaciones de tratamiento" (OPS y OMS, 2003, p.88).

- **Dióxido de carbono equivalente (CO_2eq):**

Los resultados finales de un inventario de emisiones de GEI se reportan en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq). Para hacer esto, es necesario convertir la emisión de GEI a unidades de CO_2eq usando el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada gas. Es la cantidad de

emisiones de CO_2 que provocaría la misma intensidad radiante que una determinada cantidad emitida de un GEI bien mezclado o una mezcla de gases de efecto invernadero, multiplicados por sus PCG respectivos para tener en cuenta los distintos tiempos que se mantienen en la atmósfera. (SEMARNAT, 2014).

- **GHG Protocol:**

La iniciativa del protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) es una alianza multipartidaria de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), ONG radicada en estados unidos, y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD), coalición integrada por 170 empresas internacionales, con sede en Ginebra, Suiza. La iniciativa fue lanzada en 1998 con la misión de desarrollar estándares de contabilidad y reporte para empresas aceptados internacionalmente y promover su amplia adopción (WBCSD & WRI, 2004).

- **Huella de Carbono:**

La huella de carbono es una de las formas más simples que existen de medir el impacto o la marca que deja una persona sobre el planeta en su vida cotidiana. Es un recuento de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), que son liberadas a la atmósfera debido a nuestras actividades cotidianas o a la comercialización de un producto. Por lo tanto, la huella de carbono es la medida del impacto que provocan las emisiones del ser humano en el medio ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de GEI producidos, medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente (García, 2013).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1. Descripción de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

3.1.1. Historia

La Universidad Nacional de Ucayali fue creada mediante Decreto Ley Nº 22804 del 18 de diciembre de 1979; durante el Gobierno Militar del General Francisco Morales Bermúdez Cerruti; inicialmente con el nombre de Universidad Nacional de Pucallpa. Por Ley Nº 23261 del 16 de julio de 1981, el gobierno democrático del Arquitecto Fernando Belaunde Terry ratificó la creación de la Universidad Nacional de Pucallpa.

El 9 de diciembre de 1983 entra en vigencia la actual Ley Universitaria Nº 23733. En su Artículo 97 indica que en adelante la Universidad Nacional de Pucallpa se denominará Universidad Nacional de Ucayali; asimismo, se elabora su reglamento, mediante el cual se organiza su régimen académico con (03) Facultades.

La Facultad de Ciencias Forestales fue creada el 11 de Abril de 1982, con Resolución CONAI. Resol. N 4386-84, y se pone en funcionamiento el 15 de Mayo de 1984, es una de las pioneras de esta casa superior de estudios, conjuntamente con las Facultades de Agronomía y Enfermería, quienes vienen funcionando hasta la fecha.

Que, con Resolución N. 002-2007-AU-R-UNU, de fecha 20 de enero del 2007, se constituye la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental adscrita a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Ucayali, y se

pone en funcionamiento el 14 de junio del año 2007. Desde el año 2007, con Resolución Decanal N. 018/07-FCF-UNU, de fecha 14 de junio del 2007, la Facultad cambia de nombre con la creación de la escuela de Ingeniería Ambiental a Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, contando con una plana docente calificada que cuenta con estudios de Maestrías y Doctorados.

3.1.2. Infraestructura

La Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales posee 4 áreas para sus estudiantes y docentes, para que desarrollen sus actividades académicas y administrativas, los cuales se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Áreas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

AREAS DE LA FCFyA	
Laboratorios	Lab. Química Lab. Física Lab. Transformación química de la madera Lab. Anatomía de la madera Lab. Tecnología de la madera Lab. Dendrología
Edificio de la Facultad	2 pisos 21 oficinas
Pabellón VI	3 pisos 12 salones 5 oficinas
Taller de Carpintería	1 oficina Área de carpintería

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Misión de la FCFyA

Somos una Facultad formadora de profesionales altamente competitivos en el campo Forestal y Ambiental, comprometidos con el manejo sostenible de los ecosistemas y a la solución de los problemas ambientales; contribuyendo objetivamente con el desarrollo de la región, del país y del mundo.

3.1.4. Visión de la FCFyA

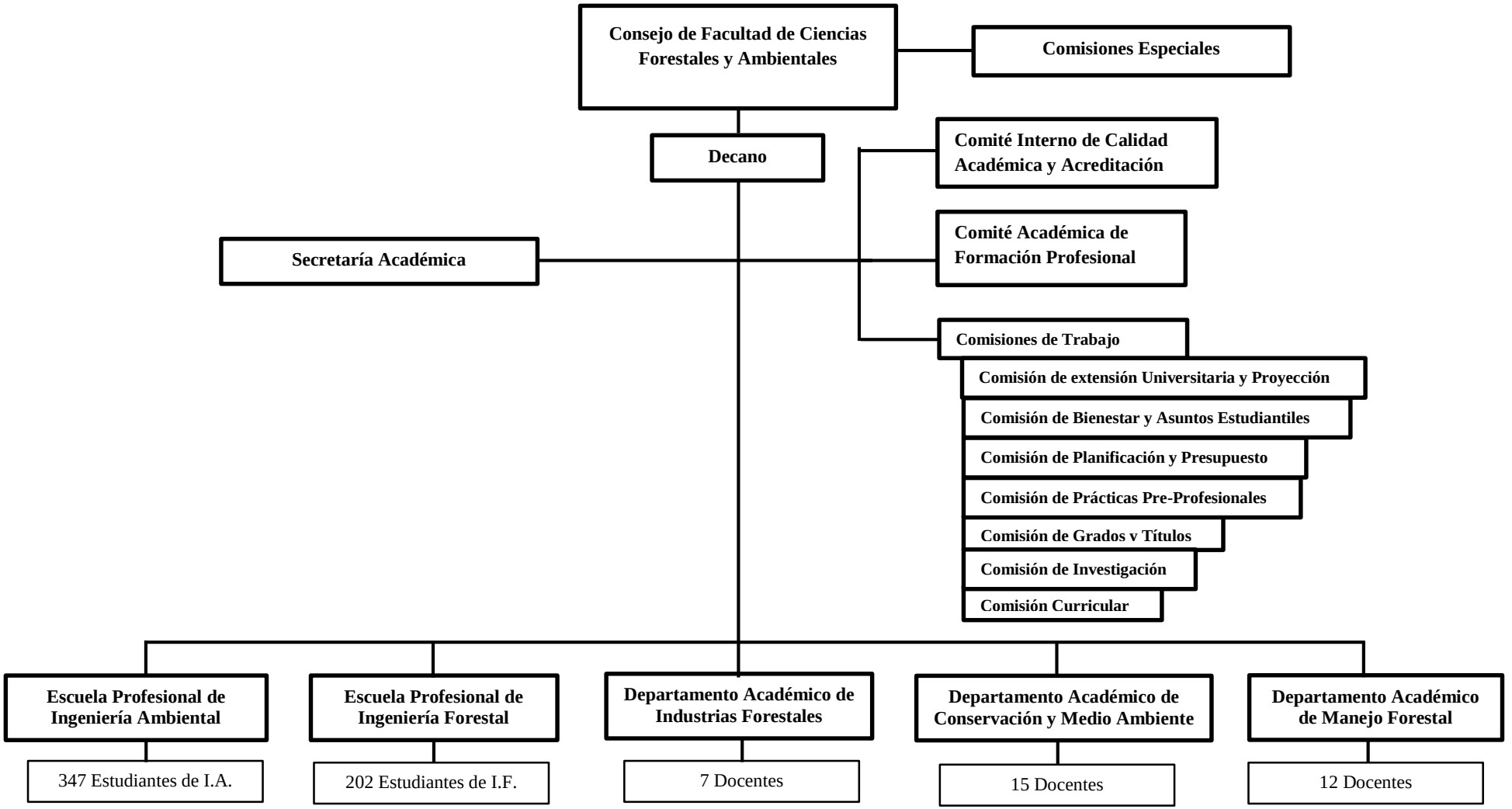
Ser una Facultad reconocida, acreditada a nivel nacional e internacional, líder en el campo Forestal y Ambiental con profesionales académica y humanísticamente competitivos, generador de ciencia y tecnología para el manejo sostenible de los recursos naturales y a la solución de los problemas ambientales enmarcado en el desarrollo sostenible de la región, del país y del mundo.



Fuente: Google Earth, 2017

Figura 1. Mapa de ubicación de las áreas pertenecientes por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali

3.1.5. Estructura



3.2. Método de la investigación

La investigación es de carácter descriptivo y cuantitativo en la cual se analizaron las emisiones de GEI generadas por las actividades de los docentes, estudiantes y administrativos en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

3.2.1. Delimitación de tiempo y espacio

Se realizó en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali. De la misma manera, se considerarán las oficinas, Laboratorios, taller de carpintería, pabellón de clases.

Se estableció como año base el 2017 para la medición de la Huella de Carbono. La selección del año se fundamenta en que la Facultad dispones con información suficiente y confiable, que garantiza resultados consistentes.

3.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por 52 trabajadores (34 docentes y 18 administrativos), 549 estudiantes e infraestructura (oficinas, 6 laboratorios, taller de carpintería y pabellón VI de clases) de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali.

La muestra estuvo constituida por el 100% del total de docentes a encuestar, 100% del total de personal administrativos a encuestar, 41% del total de estudiantes a encuestar, 100% de las oficinas administrativas, 100% de los laboratorios (Química, Física, Transformación Química de la Madera, Anatomía de la Madera, Tecnología de la Madera y Dendrologìa), 100% del taller de carpintería y el 100% del pabellón VI de clases.

La muestra fue obtenida mediante la fórmula estadística para obtener el tamaño exacto de la muestra sobre el número total de la población de estudiantes a encuestar, con un nivel de confianza del 95% y un error de estimación del 5%. Dando como resultado una muestra de 226 estudiantes a encuestar. De acuerdo a la siguiente ecuación Nº 1:

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

Dónde:

n **:** Tamaño de muestra (número de estudiantes a encuestar).

N **:** Tamaño de la población estudiantil.

Z **:** Nivel de confianza (95%; 1.96).

p **:** Probabilidad máxima y esperada de ocurrencia (0.5).

q **:** Probabilidad de no ocurrencia (1-p).

e **:** Error de estimación (5%).

3.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.1. Determinación de los límites organizacionales y operacionales.

Se tomaron como referencia los aspectos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero propuesta por (WBCSD-WRI, 2004) que se verán en los siguientes límites.

Limites Organizacionales

Se determinó los límites organizacionales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales que incluye las oficinas de la Facultad, Laboratorios, Pabellón y Taller de Carpintería; dentro del perímetro de la Universidad Nacional de Ucayali ubicado C.F.B. Km. 6,500, Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali, en las coordenadas UTM 547250,51E, 9069591,57N y altitud de 154 msnm.

Limites Operacionales

Se identificó las emisiones directas e indirectas de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales a través de los alcances establecidos a continuación:

- **Alcance 1**

Emisiones directas de GEI por consumo de combustibles fósiles, productos de las operaciones controladas por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales; para el trabajo realizado se incluyeron el consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP) empleado para el mechero a gas y combustibles solicitado por la Facultad.

- **Alcance 2**

Emisiones indirectas de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica para la iluminación, funcionamiento de máquinas y equipos en las diferentes áreas de la Facultad, laboratorios, pabellón y taller de carpintería de la Facultad evaluada. En este alcance la Universidad Nacional de Ucayali realiza la compra de energía eléctrica a la empresa Electro Ucayali S.A.

Al no disponer información sobre el consumo eléctrico de la Facultad, es necesario realizar (por cada unidad operativa) un inventario detallado de las fuentes de emisiones (fluorescentes, refrigeradoras, equipos de cómputo, estufas, balanzas eléctricas, entre otras). Para este fin, se registrará las potencias eléctricas por fuente de emisión o equipo eléctrico. De la misma manera, debe estimarse la cantidad de horas de uso de cada equipo inventariado (por día, semana o por mes).

- **Alcance 3**

Emisiones indirectas de GEI por consumo de papel, generación de residuos sólidos, transporte por vía terrestre o aérea por asuntos académicos o de gestión y por transporte Casa-UNU-Casa de los docentes, estudiantes y personal administrativos de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

Los límites organizacionales y operacionales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, descritas en la metodología, son mostrados en la figura 2.

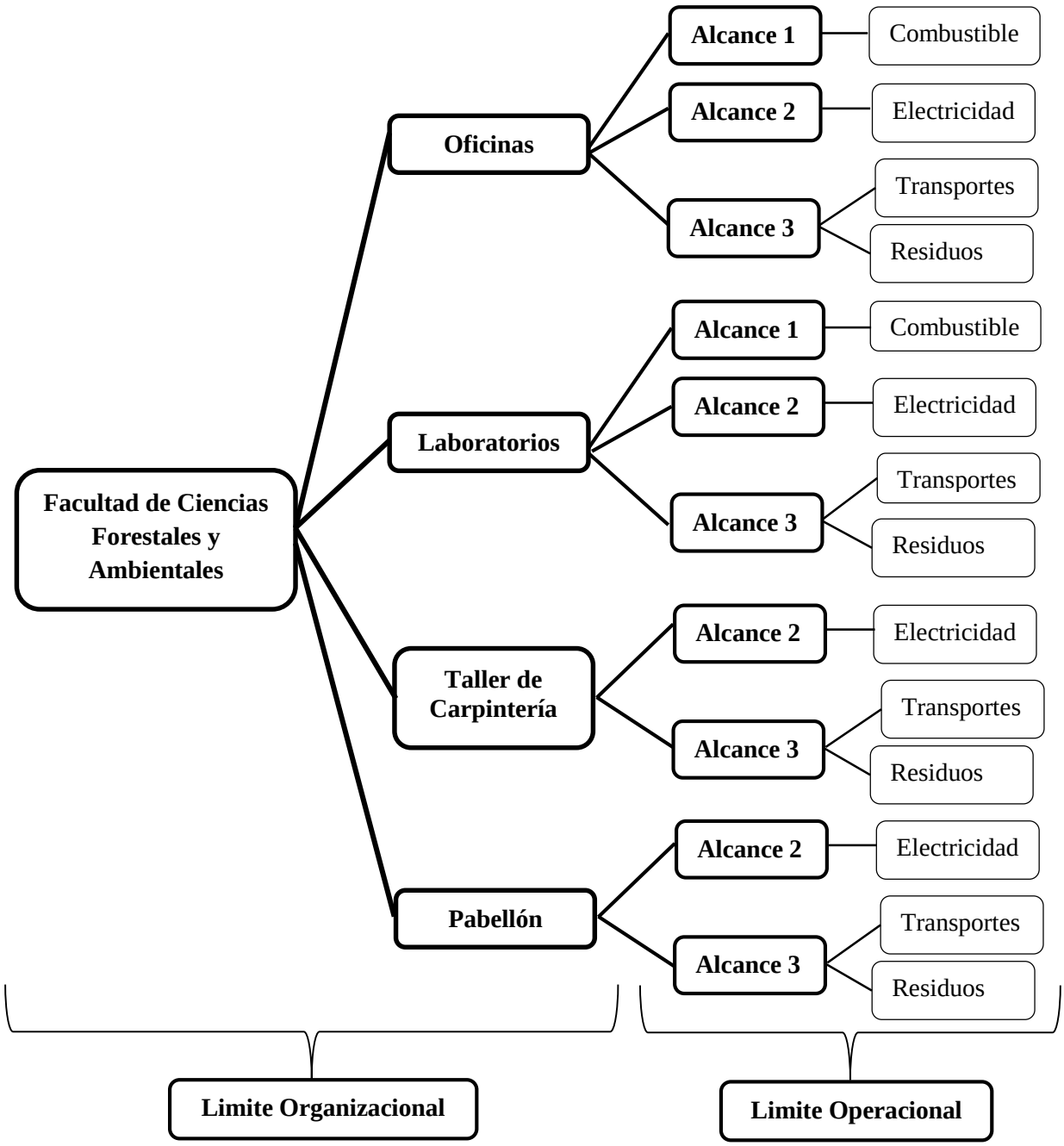


Figura 2. Limites Organizacional y Operacional de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Materiales y Equipos

- Materiales de escritorio.
- Formatos de recolección
- Laptop
- Cámara fotográfica.
- Balanza digital

3.5.2. Técnica para la recolección de datos

Las técnicas empleadas fueron:

- La entrevista: Se realizó a los docentes, personal administrativo y estudiantes de la Facultad de acuerdo al tamaño de muestra.
- El análisis documental: Se basó de los datos obtenidos a partir de reportes encontrados en las oficinas de secretaría de decanatura y administración. Ya sea por pedido de combustible, papel o viajes realizados por los docentes y estudiantes.
- La observación experimental: Se identificó de manera visual como por ejemplo el tipo de fluorescentes, la potencia de los diferentes aparatos y equipos encontrados en las áreas pertenecientes a la Facultad.

El instrumento utilizado fue:

La encuesta: Los formatos de encuesta tienen preguntas cerradas, siendo la misma encuesta paro los estudiantes, docentes y personal administrativo. Las preguntas son referidas principalmente al tipo de transporte, tipo de combustible, distancia recorrido, número de veces al día que se asiste a la Universidad y cuantos días a la semana se asiste.

3.6. Procesamiento para la recolección de datos

3.6.1. Metodología para la cuantificación de emisiones de GEI

Se tomaron como referencia los factores de emisión del IPCC, DEFRA, Petroperú y MINAM y la metodología del protocolo de Gases de Efecto Invernadero propuesta por (WBCSD-WRI, 2004). El procedimiento para llevar a cabo la cuantificación de las emisiones de GEI fue la siguiente:

A) Cuantificación de las emisiones directas de GEI por consumo de combustible

a. Determinación del consumo de combustible

Se obtuvo el consumo de combustibles de los datos mensuales de consumo de combustible, en litros (L). Asimismo se obtuvo el dato anual del consumo de combustible en laboratorios pertenecientes a la Facultad. Esta información fue recogida de los diferentes registros y solicitudes de pedido de combustibles por parte de los encargados. Siendo estas las únicas fuentes de emisiones de GEI que pertenecen o son controladas por la Facultad de Ciencia Forestal y Ambiental.

b. Determinación de las emisiones de GEI por consumo de combustible

Las lecturas de consumo de combustible (L), expresados en unidades de masa. Para ello se tomó como referencia los valores de densidad, valor calórico neto y factores de emisión registrados en el Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2014 de la empresa Petroperú y de la Guía de Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero para el Sector de Energía 2016 del MINAN. Indicados en la tabla 3 y tabla 4.

Tabla 3. Valor Calorífico Neto y Densidad del Combustible Fósil

Tipo de Combustible	Valor Calorífico Neto (GJ/Kg)	Densidad (Kg/L)
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	0.0473	0.56
Gasolina 90 oct	0.0443	0.7390

Fuente: MINAM, 2016 y Petroperú, 2014

Tabla 4. Factor de Emisión de los Combustibles de Fuentes Estacionarias

Tipo de Combustible	CO_2 FE por defecto ($KgCO_2/GJ$)	CH_4 FE por defecto ($KgCH_4/GJ$)	N_2O FE por defecto (KgN_2O/GJ)
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	63.1	0.001	0.0001
Gasolina 90 oct	69.3	0.0330	0.0032

Fuente: MINAM, 2016 y Petroperú, 2014

Luego, una vez obtenido el consumo de combustible en unidades de masa (kilogramos), se multiplicaron los Kg de combustible por su valor calórico neto (ver Tabla 3). A continuación, se multiplicó de forma separada el valor resultante por cada uno de los factores de emisión de CO_2, CH_4 y N_2O (ver Tabla 4) y por sus respectivos Potencial de Calentamiento Global (PCG) de GEI (ver Tabla 1). Finalmente, la sumatoria de dichas multiplicaciones permitió obtener el total de emisiones de GEI, expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq).

Las emisiones directas por consumo de combustible se calcularán con la siguiente ecuación Nº 2:

$$\mathbf{ED} = \sum \frac{\mathbf{CC_i x VCN_i}}{\mathbf{10^3}} (\mathbf{FE_{CO_2}} + \mathbf{FE_{CH_4} x PCG_{CH_4}} + \mathbf{FE_{N2O} x PCG_{N2O}})_\mathbf{i}$$

Dónde:

ED : Emisiones Directas de GEI, en tCO_2eq.

CC : Cantidad de Combustible obtenido, en Kg.

VCN : Valor Calorífico Neto del combustible utilizado, en GJ/Kg.

$FECO_2$: Factor de Emisión de CO_2 del combustible utilizado, en $KgCO_2/GJ$.

$FECH_4$: Factor de Emisión de CH_4 del combustible utilizado, en $KgCH_4/GJ$.

FEN_2O : Factor de Emisión de N_2O del combustible utilizado, en KgN_2O/GJ.

$PCGCH_4$: Potencial Calentamiento Global CH_4.

PCGN_2O : Potencial Calentamiento Global N_2O.

i : Tipo de Combustible

B) Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica

Para el cálculo de las emisiones de GEI atribuibles al consumo de energía eléctrica se usó de la metodología propuesta por (WBCSD-WRI, 2007). Asimismo, se recopilo información específica de la matriz energética del Perú, la cual se obtuvo del Comité de Operaciones Eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) e información de los factores de emisión del IPCC (2006), según la siguiente ecuación Nº 3:

$$\mathbf{EI = CE \; x \; FE}$$

Dónde:

EI : Emisiones Indirectas en tCO_2eq

CE : Consumo Eléctrico en MWh **FE** : Factor de Emisión en tCO_2eq/MWh

a. Determinación del Consumo Eléctrico

Estos se hallaron a partir de datos individuales de potencia (watts) de cada equipo y el tiempo de uso. En caso de no tener potencia, se utilizaron los datos de voltaje e intensidad de corriente, según la siguiente ecuación Nº 4:

$$\boldsymbol{P = VxI}$$

Dónde:

P : potencia en watts (W)

V : voltaje en voltios (V)

I : intensidad de corriente en amperios (Aº)

b. Determinación del Factor de Emisión

A partir de los datos de la matriz energética peruana del año 2017, se identificó la participación de cada tipo de combustible utilizado para la generación de energía termoeléctrica. Posteriormente estos se convirtieron a las mismas unidades de masa y se multiplicarán por los factores de emisión de cada GEI correspondiente a cada tipo de combustible, según la siguiente ecuación Nº 5:

$$\mathbf{EET} = \sum \frac{\mathbf{C_i x VCN_i}}{\mathbf{10^3}} (\mathbf{FE_{CO_2}} + \mathbf{FE_{CH_4} x PCG_{CH_4}} + \mathbf{FE_{N2O} x PCG_{N2O}})_\mathbf{i}$$

Dónde:

EET : Emisiones de Energía Termoeléctrica en tCO_2eq

C : Consumo de Combustible *i* durante el 2017 en Kg

VCN : Valor Calorífico Neto en GJ/Kg

$FECO_2$: Factor de Emisión de CO_2 del combustible *i*, en $KgCO_2/GJ$

$FECH_4$: Factor de Emisión de CH_4 del combustión *i*, en $KgCH_4/GJ$

FEN_2O : Factor de Emisión de N_2O del combustión *i*, en KgN_2O/GJ

$PCGCH_4$: Potencial Calentamiento Global CH_4

$PCGN_2O$: Potencia Calentamiento Global N_2O

El valor hallado (EET) se dividió entre el total de energía eléctrica generada durante el año 2017 correspondiente a la matriz energética peruana para así obtener el factor de emisión de energía eléctrica (FEe).

c. Determinación de las emisiones de GEI por consumo de energía eléctrica

Se dividió la información referida al consumo eléctrico (KWh) entre 1000, obteniendo la cifra expresada en MWh, y se multiplicó ese valor por el factor de emisión, obteniendo las emisiones de GEI expresas en tCO_2eq.

C) Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel

a. Determinación del consumo de papel de la FCFyA

Para el consumo de papel en la Facultad se recopiló información de la cantidad de papel y tipo. Esta información se obtuvo en la oficina de administración de la Facultad mediante datos de compra.

b. Determinación de las emisiones de GEI por consumo de papel de la FCFyA

Para el cálculo de las emisiones de GEI por consumo de papel se realizó en base a la información recopilada en el paso anterior, la cual fue llevada a unidades de masa. Posteriormente se multiplicó la información referida al consumo de papel (Kg) por el factor de emisión de 0.002679 tCO_2eq/Kg de papel virgen 0.001877 tCO_2/Kg de papel reciclado (ECODES, 2013), obteniéndose como resultado las emisiones de GEI en tCO_2eq, usando la siguiente ecuación Nº 6:

$$\textbf{Papel (Kg)} = \textbf{(Alto de Hoja x Ancho de Hoja) x Gramaje x Nº de Hojas}$$

D) Cuantificación de las emisiones indirectas de CH_4 por generación de residuos sólidos

a. Determinación de la generación de residuos sólidos

Para la obtención de datos sobre la generación de residuos sólidos de las diferentes áreas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (oficinas, laboratorios, taller de carpintería y pabellón), se realizó una caracterización de residuos sólidos con una acumulación de siete (7) días siguiendo las indicaciones de CEPIS (2005).

b. Determinación de las emisiones de CH_4 por generación de residuos solidos

Se estimaron las emisiones indirectas de CH_4 por generación de residuos sólidos utilizando, para ello, la siguiente ecuación Nº 7 propuesto por el IPCC:

$$\mathbf{CH_4 emitido} = \left(\mathbf{RSU_f} * \mathbf{FCM} * \mathbf{COD} * \mathbf{COD_f} * \mathbf{F} * \frac{\mathbf{16}}{\mathbf{12}} - \mathbf{R}\right) * (\mathbf{1} - \mathbf{OX})$$

Dónde:

RSU : Total de residuos sólidos generados en el año (Kg/año)

FCM : Factor de corrección para el CH_4 en el año.

COD : Carbono Orgánico Degradable en el año (Kg de C/Kg de desechos)

COD_f : Fracción de COD no asimilada.

F : Fracción por volumen de CH_4 en el gas de vertedero.

R : Metano (CH_4) recuperado (Kg/año)

OX : Factor de oxidación

16/12 : Conversión de C a CH_4

De la ecuación anterior, para el cálculo del Carbono Orgánico Degradable (COD) se obtendría de la siguiente ecuación Nº 8:

$$\mathbf{COD} = \mathbf{0.4A} + \mathbf{0.43B} + \mathbf{0.15C} + \mathbf{0.24D}$$

Dónde:

A **:** Fracción en peso de los residuos compuesta de papel

B **:** Fracción en peso de los residuos compuesta de madera

C **:** Fracción en peso de los residuos compuesta de orgánicos

D **:** Fracción en peso de los residuos compuesta de textil

Una vez obtenido el valor de CH_4 emitido en unidades de masa (Kg), se multiplicó por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de GEI (ver Tabla 1). Para finalmente dividirlo entre 1000, y obtener el total de CH_4 emitido por la generación de residuos sólidos, expresados en tCO_2eq.

E) Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por el transporte Casa - UNU - Casa

a. Elaboración de encuestas de transporte Casa - UNU - Casa

Se elaboró una encuesta (ver anexo 5) que incluyó información referente a:

- ✓ Medio de transporte (propio o público)
- ✓ Marca y año (en caso de vehículo propio)
- ✓ Tipo de combustible (en caso de vehículo propio)
- ✓ Distancia y tiempo de recorrido
- ✓ Veces al día que asiste a la universidad
- ✓ Días a la semana que trabaja en la universidad

b. Distribución de encuestas de transporte Casa-UNU-Casa

Se distribuyó la encuesta elaborada a la totalidad de docentes y trabajadores administrativos. En cambio, según tamaño de muestra solo se encuestaron a 226 estudiantes, el cual representa el 41% de la totalidad de estudiantes pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

c. Determinación de las emisiones de GEI por el transporte Casa-UNU-Casa

Se utilizó la información recopilada en las encuestas y los factores de emisión de CO_2 por tipo de vehículo de transporte (ver anexo 10) y los factores de emisión de CH_4 y N_2O por tipo de vehículo de transporte (ver anexo 11) para determinar las emisiones totales de GEI generadas por el transporte de la casa a la universidad a través de la siguiente ecuación Nº 9:

$$\mathbf{EIt_i} = \frac{\mathbf{DR_i}}{\mathbf{n}}\left(\frac{\mathbf{FE_{CO_2}}}{\mathbf{10^6}} + \frac{\mathbf{FE_{CH_4} x\ PCG_{CH_4}}}{\mathbf{10^9}} + \frac{\mathbf{FE_{N2O} x\ PCG_{N2O}}}{\mathbf{10^9}}\right)$$

Dónde:

EI **:** Emisiones indirectas de GEI por transporte en tCO_2eq

DR **:** Distancia recorrida por colaborador, en Km (ida y vuelta)

$FECO_2$ **:** Factor de Emisión CO_2 del vehículo, en $KgCO_2/Km$

$FECH_4$ **:** Factor de Emisión CH_4 del vehículo, en $KgCH_4/Km$

FEN_2O **:** Factor de Emisión N_2O del vehículo, en KgN_2O/Km

$PCGCH_4$ **:** Potencial de Calentamiento Global CH_4

$PCGN_2O$ **:** Potencial de Calentamiento Global N_2O

n **:** Número de pasajeros que ocupa el vehículo empleado por el colaborador para su transporte de su casa al trabajo y viceversa

i **:** Colaborador

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 colaborador una fracción de las emisiones de GEI del vehículo de transporte en el tramo de su casa a la universidad, la cual, para fines prácticos, será

equivalente a dividir la emisión total calculada en un determinado tramo entre el número de pasajeros que ocupa el vehículo de transporte (WRI, 2008).

F) Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por viajes terrestres

a. Registro de viajes terrestres

La información de los viajes terrestres realizados por los docentes y/o estudiantes de la FCFyA fue proporcionada por la secretaría de decanatura a través de los registros para el año 2017 (ver anexo 12).

b. Determinación de las emisiones de GEI por viajes terrestres

Para el cálculo de emisiones producidas por viajes terrestres se aplicó la misma ecuación Nº 9. Asimismo se utilizó los factores de emisión por tipo de vehículo de transporte de los anexos 10 y 11, para luego ser multiplicado por el número de docentes y/o alumnos que realizaron cada viaje. Obteniendo como resultado las emisiones de GEI totales en tCO_2eq.

G) Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por viajes aéreos

a. Registros de vuelos aéreos

La información de los vuelos aéreos nacionales e internacionales fue proporcionada por la secretaria de decanatura de la FCFyA a través de los registros para el año 2017 (ver anexo 14).

b. Determinación de las emisiones de GEI por vuelos aéreos

Las emisiones producidas por vuelos aéreos realizados por los docentes de la FCFyA fueron calculadas considerando la distancia entre aeropuertos y factores de emisión asociados a los vuelos de pasajeros, para luego ser multiplicado por el número de docentes que realizaron cada vuelo.

Obteniéndose como resultado las emisiones de GEI en tCO_2eq, según la siguiente ecuación Nº 10:

$$\mathbf{EIva = DR * F.E.}$$

Dónde:

EIva : Emisiones indirectas por viajes aéreos en tCO_2eq

DR : Distancia total recorrida en Km (ida y vuelta)

FE : Factor de emisión para vuelos aéreos en $kgCO_2/pKm$

Los factores de emisión utilizados en los cálculos relacionados con los viajes aéreos, son extraídos de la información entregada por el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA por su sigla en inglés), el cual los clasifica en función a los recorridos de vuelos (corto, media y larga). Estos valores se muestran en la siguiente tabla 5.

Tabla 5: *Categoría de vuelos y Factor de Emisiones*

Categoría de vuelo	Factor de emisión (Kg CO2/pKm)
Vuelos Corta Distancia (< 1108 Km)	0.1550
Vuelos Media Distancia (1108 – 3700 Km)	0.0879
Vuelos Larga Distancia (> 3700 Km)	0.1112

Fuente: DEFRA, 2014

H) Cálculo de la Huella de Carbono de la FCFyA

Se calculó el total de emisiones de GEI de la Facultad durante el año 2017 utilizando para ello la siguiente ecuación Nº 11:

$$\mathbf{ET = ED + EI + OEI}$$

Dónde:

ET : Emisiones totales de GEI, en tCO_2eq

ED : Emisiones directa de GEI, en tCO_2eq (alcance 1)

EI **:** Emisiones indirectas de GEI, en tCO_2eq (alcance 2)

OEI **:** Otras emisiones indirectas de GEI, en tCO_2eq (alcance 3)

a. Estimacion de la Huella de Carbono per cápita

Una vez determinada la totalidad de emisiones de GEI generadas en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, se procedio a dividir el resultado obtenido entre la poblacion total evaluada durante el año 2017, tal como se muestra en la siguiente ecuacion N° 12:

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

Donde:

HC **:** Huella de Carbono per capita de la poblacion universitacia, tCO_2eq/persona

ET **:** Emisiones totales de GEI en la facultad, en tCO_2eq

N **:** Número total de personas que conforman la poblacion universitaria de la facultad para el periodo evaluado

I) Elaboración del Plan de Carbono Neutro

a. Medidas para la reduccion y compensacion de la Huella de Carbono

De acuerdo al análisis de los resultados de la Huella de Carbono, se estableció alternativas de reducción y compensación de las emisiones directas (alcance 1) e indirectas (alcance 2 y alcance 3) de GEI, teniendo en cuenta las proyecciones de la facultad y el interés de la población universitaria. Se tuvieron en cuenta algunos criterios de viabilidad:

- **Económico:** Dependiendo de la capacidad de inversión o financiamiento de la facultad y su proyección en cuanto a reducir y/o compensar la Huella de Carbono provenientes de las diferentes fuentes de emisión encontradas en los limites organizacionales pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

- **Ambiental:** Las medidas serán evaluadas de acuerdo al beneficio ambiental que contribuya ya sea en la reducción o en la compensación de la Huella de Carbono.

- **Tiempo:** La implementación de las medidas estará en función al logro de los objetivos de reduccion y compensacion ya sean a corto, mediano y largo plazo.

- **Comunicación:** Planear una adecuada estrategia comunicacional para permitir la motivación e involucramiento de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

- **Monitoreo:** El trabajo de investigación trazara la linea base de las emisiones de GEI de fuentes identificadas utilizadas por la poblacion universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo). 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 para la aplicación de las medidas de reducción y compensación planteadas en el Plan de Carbono Neutro del trabajo de investigación realizado estarán a cargo de las principales autoridades de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de

Ucayali, como tambien de autoridades de dicha universidad elaborando proyectos para cuantificar y neutralizar.

Asimismo; estudiantes, docentes y personal administrativos tendrán que tomar todas las medidas disponibles para acatar lo planteado por la facultad con el fin de reducir la Huella de Carbono

3.7. Tratamiento de datos

Los resultados se presentan el Microsoft Excel y son representados conforme a las diferentes ecuaciones y a los distintos factores de emisiones para cada alcance.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cálculo de Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

La Huella de Carbono en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali fue de 153.73 tCO_2eq para el año 2017, lo cual se debe principalmente al uso del transporte Casa-UNU-Casa. En la tabla 6 y la figura 3, se detallan las emisiones totales por cada fuente de emisión y alcance y la distribución de la participación de los alcances 1, 2 y 3.

Tabla 6. Emisiones totales de GEI por alcance

Fuente	Emisiones Totales (tco_2eq)	Participación (%)
Alcance 1	**1.07**	**0.7**
Combustible	1.07	0.7
Alcance 2	**29.21**	**19**
Energía Eléctrica	29.21	19
Alcance 3	**123.45**	**80.3**
Papel	0.33	0.22
Residuos Sólidos	1.25	0.81
Casa-UNU-Casa	117.77	76.61
Viajes Terrestres	1.70	1.10
Viajes Aéreos	2.4	1.56
TOTAL	**153.73**	**100**

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Estimación de la Huella de Carbono per cápita

Se calculó la huella carbono per cápita de la población universitaria de la FCFyA en base al total de emisiones de los alcances 1, 2 y 3. Se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Estimación per cápita de la Huella de Carbono

Emisiones totales tCO_2eq anual	Total de población universitaria de la FCFyA	Huella per cápita de la población universitaria de la FCFyA (tCO_2eq/persona)
153.73	601	0.26

Fuente: Elaboración propia

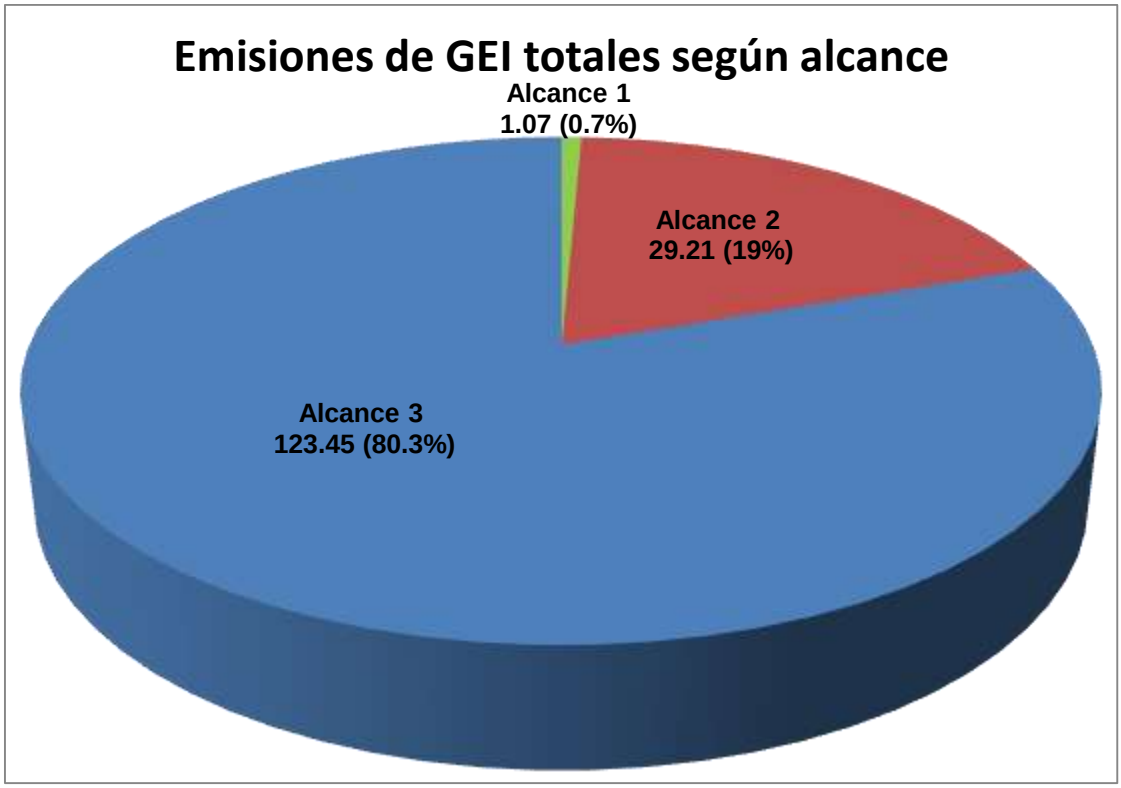


Figura 3. Distribución de las emisiones de GEI totales según alcance

Se observa que la proporción más significativa de las emisiones es atribuida al alcance 3 con un 80.3% (123.45 tCO_2eq), provenientes de emisiones indirectas donde la FCFyA no tiene control directo, seguido por el alcance 2 con un 19% (29.21 tCO_2eq) y por último el alcance 1 con un 0.7% (1.07 tCO_2eq). Igual proporcionalidad de emisiones en lo encontrado por Estrada (2017), para el año 2016 con valores para el alcance 3 de 85.43% (85.483 tCO_2eq), alcance 2 con un 12.43% (14.436 tCO_2eq) y alcance 1 con un 2.15% (2.149 tCO_2eq).

En base a la población universitaria de la FCFyA, se determinó la Huella de Carbono per cápita resultando un promedio de 0.26 tCO_2eq/persona para el año 2017. Asimismo para el año 2016 en el trabajo realizado por Estrada (2017) determinó un promedio per cápita de 0.15 tCO_2eq. En comparación con otros resultados como por ejemplo lo determinado por Reyes (2014) con un per cápita de 0.62 tCO_2eq o por Díaz (2015) con un per cápita 1 tCO_2eq.

Se observan diferentes valores de Huella de Carbono per cápita, debido a los diferentes consumos o actividades individuales que se realizan en cada facultad, en las cuales la generación de emisiones se hace más notable al no haber una conciencia ambiental para reducir sus emisiones.

4.2. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 1

4.2.1. Cuantificación de las emisiones directas de GEI por consumo de combustible

En la tabla 8, se detalla el consumo de combustible para el año 2017. Dentro del cual se incluye el consumo principal de dos (2) tipos de combustible. Las especificaciones sobre el uso y pedidos de combustible se detallan en el anexo 6.

Tabla 8. Consumo de Combustible 2017

Unidad	Combustible	Consumo anual (Kg)
Oficina (solicitudes)	Gasolina 90	282.54
Laboratorio	GLP	60
TOTAL		**342.54**

Fuente: Elaboración propia

El detalle de las emisiones de GEI emitido por el consumo de combustible, se muestra en la tabla 9. Asimismo los detalles para el cálculo de las emisiones de la gasolina y el GLP se muestran en el anexo 7.

Tabla 9. Emisiones de GEI por consumo de combustible

Unidad	Combustible	Emisiones				Participación (%)
		CO_2 (Kg)	CH_4 (Kg)	N_2O (Kg)	GEI (tCO_2eq)	
Oficina (solicitudes)	Gasolina 90	867.359	11.565	10.614	**0.89**	83.22
Laboratorio	GLP	179.08	0.0795	0.0752	**0.18**	16.78
TOTAL		**792.35**	**10.3379**	**9.4875**	**1.07**	**100**

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones correspondientes al consumo de combustible de acuerdo a los resultados obtenidos fueron de 1.07 tCO_2eq, el cual representa un 0.7% de la totalidad de emisiones generadas por la Facultad (Ver Tabla 6).

En la figura 4, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por el consumo de combustible. Siendo el uso de combustible la gasolina de 90 octanos la de mayor emisión con un total de 0.89 tCO_2eq.

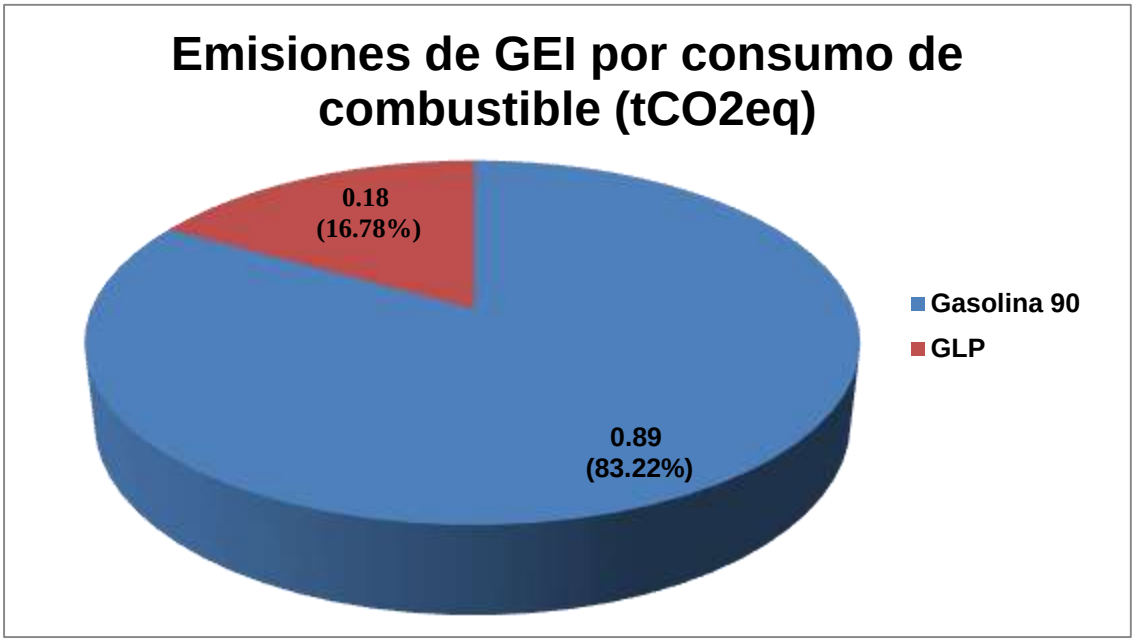


Figura 4. Emisiones de GEI por consumo de combustible

Al respecto, según estudios realizados por Estrada (2017) para el año 2016 en la misma Facultad, obtuvo como resultado 2.15 tCO_2eq en comparación con lo obtenido para el año 2017. La diferencia entre años se supone por el aumento en el pedido de combustibles de un año a otro. Ambos

trabajos aplican una misma metodología y los mismos factores de emisión. Siendo la gasolina 90 octanos la de mayor demanda que el GLP. Cabe indicar que la estación CICFOR-Macuya-UNU concentra la mayor cantidad de pedidos de combustibles de 90 octanos en ambos trabajos de investigación.

A diferencia del estudio realizado por Viteri (2013) en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la universidad Tecnológica Equinoccial (FCI-UTE) quien obtuvo como resultado 2.33 tCO_2eq. Valor el doble a lo encontrado en el trabajo realizado. Debido al alto consumo de diesel y GLP, asimismo al mayor número de laboratorios y vehículos que utilizan los combustibles antes mencionado.

4.3. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 2

4.3.1. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica

Los consumos se calcularon en base a los datos teóricos de las máquinas, aparatos y equipos. Asimismo se entrevistó al encargado de las diferentes áreas para determinar las horas de uso. En la tabla 10 se detalla de manera general el consumo eléctrico de las áreas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

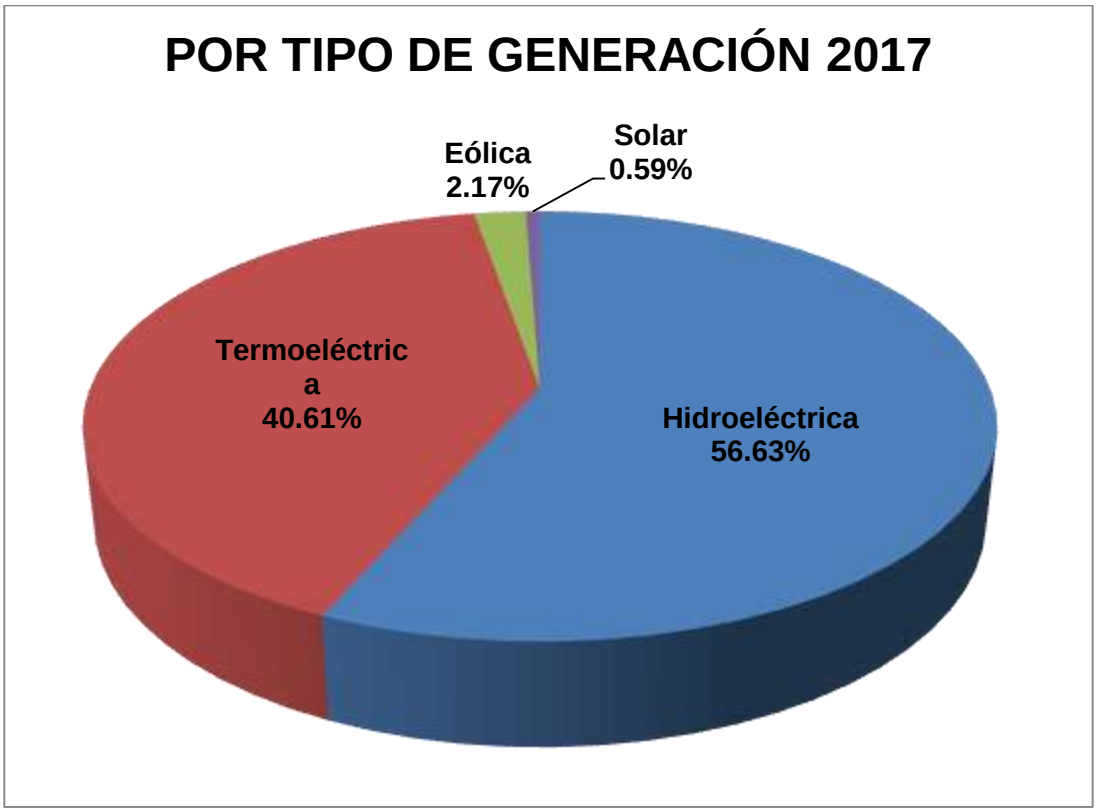
Tabla 10. Consumo eléctrico de las áreas de la FCFyA

Áreas de la FCFyA	Consumo eléctrico (KWh)
Oficinas	13195.82
Laboratorios	62735.81
Taller de carpintería	28938.35
Pabellón	13340.78
TOTAL	**118210.76**

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Determinación del factor de emisión de energía eléctrica

De acuerdo al COES-SINAC, la producción de energía eléctrica fue de 48993.3 GWh (COES-SINAC, 2018). La matriz energética del Perú para el año 2017 estuvo representada por la siguiente forma:



Fuente: COES-SINAC (2018)

Figura 5. Matriz Energética Peruana 2017 por tipo de generación

Asimismo, se obtuvieron los consumos correspondientes a los combustibles usados para generar energía termoeléctrica según la información detallada en el manual de operación 2017 publicado por COES-SINAC (Ver Tabla 11).

En el caso de energías renovables, como es el caso de la hidráulica, eólica y solar, comparten la característica de no generar emisiones ya que su

funcionamiento no depende de combustibles fósiles (Red Eléctrica de España, 2009).

Tabla 11. Tipo y consumo de combustibles para generar energía termoeléctrica

Tipo de combustible	Combustible (Kg)	Participación (%)
Diésel 2	193 227 696	2.776
Residual 6	266 944	0.004
Residual 500	36 970 402	0.531
Gas natural	2 833 539 203	40.702
Biogás	3 330 262 500	47.838
Bagazo	321 839 500	4.623
Carbón	245 493 060	3.526
TOTAL	**6 961 599 305**	**100**

Fuente: Elaboración propia, adaptada del COES-SINAC, 2018

Los factores de emisiones por tipo de combustible para la generación de energía termoeléctrica al año 2017, se detallan en la tabla 12. En la tabla 13 se muestra el cálculo para determinar el factor de emisión de energía eléctrica para el año 2017.

Tabla 12. Factores de emisión por tipo de combustible

Combustible	F. E.($kgCO_2/TJ$)	F. E. ($kgCH_4/TJ$)	F. E. (kgN_2O/TJ)
Diésel 2	74100	10.00	0.60
Residual 6	73300	3.00	0.60
Residual 500	73300	3.00	0.60
Gas natural	56100	1.00	0.10
Biogás	54600	1.00	0.10
Bagazo	100000	3.00	0.40
Carbón	94600	1.00	0.15

Fuente: IPCC, 2006

Tabla 13. Factor de emisión de energía eléctrica para el año 2017

tCO_2eq producidos por energía eléctrica	GW.h consumidos durante el 2017	Factor de Emisión de energía eléctrica ($tCO_2eq/MW.h$)
12 115 515.642	48 993.2	**0.247**

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que para el cálculo del factor de emisión de otros años en adelante, actualizar los datos de consumo de combustible utilizados para la matriz energética de dichos años.

Tabla 14. Emisión de GEI por consumo de energía

Áreas de la FCFyA	MWh	Factor de emisión (tCO_2/MWh)	Emisión Total tCO_2eq	Participación (%)
Oficinas	13.20	0.247	3.26	11.16
Laboratorios	62.74	0.247	15.50	53.06
Taller de carpintería	28.94	0.247	7.15	24.48
Pabellón	13.34	0.247	3.30	11.30
TOTAL	**118.21**		**29.21**	**100**

Fuente: Elaboración propia

La Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales consumió un total de 118210.76 KWh durante el año 2017, resultando un total de 29.21 tCO_2eq, el cual representa un 19% de la totalidad de emisiones generadas por la Facultad (ver Tabla 6). En la figura 6 se muestra la distribución de las emisiones por consumo de energía eléctrica, siendo los laboratorios la de mayor emisión con un total de 15.5 tCO_2eq.

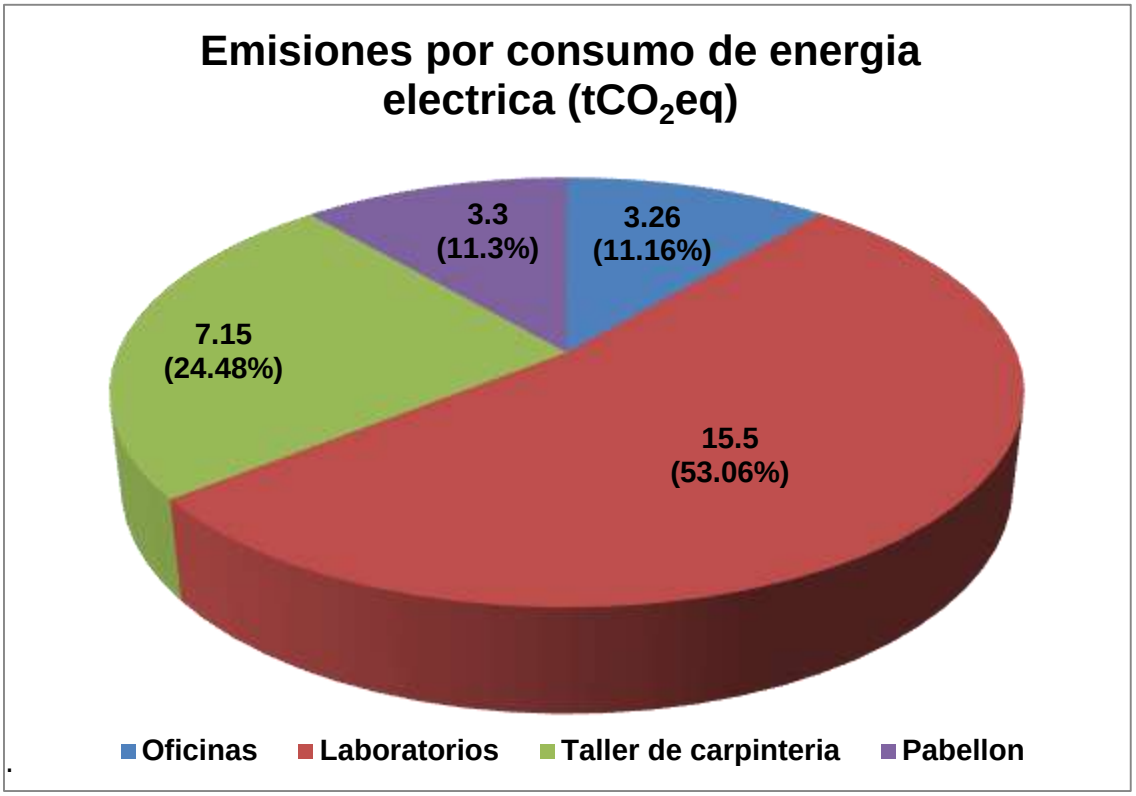


Figura 6. Emisiones por consumo de energía eléctrica

El factor de emisión se calculó en base a lo realizado por Jeri y Velásquez (2015) quienes determinaron para el año 2014 un valor de 0.207 tCO_2eq/Mwh. Para el año 2017 en el trabajo realizado se determinó un valor de 0.247 tCO_2eq/Mwh. Incremento como resultado de la creciente utilización de combustibles fósiles para generar electricidad proveniente de las centrales termoeléctricas. Debido a una mayor demanda en el consumo de energía eléctrica a nivel nacional.

Como lo señalan Tamayo, salvador, Vásquez y Vílchez, (2016), quienes mencionan la importancia de destacar que en los últimos tiempos, la disminución de la pobreza energética y el mayor acceso de la población a los servicios energéticos se han vuelto una prioridad de política pública. Así el acceso a la energía ha registrado avances significativos.

Estrada (2017), tuvo como resultado un total de 12.44 tCO_2eq, siendo el área de mayor emisión de GEI los laboratorios pertenecientes a la FCFyA con 9.21 tCO_2eq del total emitido. Asimismo en el trabajo realizado el área de laboratorios también fue la de mayor emisión de GEI con 15.5 tCO_2eq del total emitido. Diferencia que puede explicarse por el incremento en adquisición de aparatos y/o equipos que se realiza cada año en las diferentes áreas pertenecientes a la FCFyA y por los diferentes factores de emisión utilizada.

4.4. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 3

4.4.1. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel

La Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales para el año de 2017, empleó papeles Bond de tamaño A4 de 75 de gramaje.

En la tabla 15, se detallan los consumos de hojas en kilogramos y las emisiones de GEI derivados del uso de papel.

Tabla 15: Emisiones de GEI por consumo de papel

Tipo de papel	Cantidad (millar)	Peso total (Kg)	Factor de emisión	Emisión Total (tCO_2eq)
Bond A4	16	74.84	0.002679	0.2005
Bond A4	10	46.78	0.002679	0.1253
TOTAL				**0.33**

Fuente: Elaboración propia

La Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales utilizó un total de 121.62 kg de papel al año 2017 con un total de emisiones de 0.33 tCO_2eq, el cual representa un 0.22% de la totalidad de emisiones generadas por la Facultad (ver Tabla 6).

A su vez Estrada (2017), en su trabajo realizado determinó 0.201 tCO_2eq en un peso de 74.84 kg de papel bond al año de tamaño A4, valores muy bajos en comparación con lo encontrado por Ortiz y Hostos (2016) que con un peso total de 1656.519 kg de papel al año determinó 4.97 tCO_2eq en la Facultad de Artes de la Universidad Distrital Francisco José Caldas. Asimismo, como lo encontrado por Viteri (2013), que con un peso total de 333 kg de papel al año determinó 3.458 tCO_2eq en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

Muy importante a tener en cuenta son los diferentes factores de emisión utilizada en cada trabajo, y sobre todo en la cantidad de papel utilizado anualmente. Asimismo en referencia al consumo de papel Greenpeace (2014) resalta que el aumento del consumo del papel en el mundo y las previsiones de crecimiento que se hacen de él se sustentan en modelos económicos

insostenibles, enormemente derrochadores y contrarios al principio de precaución con el medio ambiente.

4.4.2. Cuantificación de las emisiones indirectas de CH_4 por generación de residuos sólidos

El resultado de la caracterización realizado en una semana de acumulación de residuos sólidos en las diferentes áreas dentro de los límites organizacionales de la Facultad se detalla en el anexo 8. En la tabla 16, se detalla toda la composición de residuos sólidos diario y anual, resultado de la caracterización y procedencias.

Tabla 16. Composición de residuos diario y anual de la FCFyA

Tipo de RR.SS.	Porcentaje (%)	Peso Diario (Kg.)	Peso Anual (Kg.)	Procedencia
Botellas Plásticas	24.4	2.564	461.52	Bebidas de agua y gaseosa.
Bolsas Plásticas	7.1	0.752	135.36	Envolturas de productos comestibles y Bolsas plásticas.
Papel/Cartón	15.7	1.648	296.64	SSHH y escritorio.
Orgánico	26.5	2.794	502.92	Restos de alimentos y frutas.
Tecnoport	1.4	0.149	26.82	Recipientes de comida.
Lata	1.7	0.174	31.32	Bebidas rehidratantes y leche.
Vidrio	5.5	0.575	103.5	Botellas de bebidas y accesorios de laboratorio.
Madera	3.9	0.408	73.44	Residuos de prácticas en laboratorio y carpintería.
Textil	1.0	0.107	19.26	Restos de telas.
Aserrín	12.9	1.357	244.26	Corte de madera de carpintería.
TOTAL	**100**	**10.528**	**1895.04**	

Fuente: Elaboración propia

En base a las directrices del IPCC, se han unido ciertos residuos de acuerdo a su composición y parámetros para el cálculo del Carbono Orgánico Degradable (COD) el detalle de los residuos sólidos y los valores por defecto para COD se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Residuos sólidos a analizar

Tipo de RR.SS.	Porcentaje (%)	Peso diario (Kg.)	Valores por defecto para COD
Orgánico	26.5	2.794	0.15
Papel/cartón	15.7	1.648	0.4
Textiles	1.0	0.107	0.24
Madera	16.8	1.765	0.43
Otros	40	4.214	0
TOTAL	**100**	**10.528**	

Fuente: Elaboración propia

Básicamente, el método de cálculo utilizado es el método por defecto, mismo que establece una estrategia simple para determinar datos de generación de emisiones de CO_2 en base a los residuos sólidos (por lo general papel, textiles, cartón, madera y residuos orgánicos) explicados en el IPCC (2006). El detalle de los cálculos se muestra en el anexo 9.

Tabla 18. Emisiones de CO_2 producidos por los residuos sólidos

Total de Residuos Sólidos (Kg/año)	CH_4 emitido ($KgCH_4$/año)	Total tCO_2eq
1895.04	**44.76**	**1.25**

Fuente: Elaboración propio

Las emisiones de CO_2 producidos por la generación total de residuos sólidos en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, según los cálculos realizados son de 1.25 tCO_2eq en el año 2017, el cual representa el 0.81% de la totalidad de emisiones generadas por la Facultad (ver Tabla 6).

En el trabajo realizado por Díaz (2015) en mención solo a emisiones generadas por los residuos sólidos, determinó un total de 2.59 tCO_2eq representando el 0.06% de la totalidad solo para el alcance 3. De igual manera (PUCC y Oficina de sustentabilidad, 2013) determinó un total de 88.48 tCO_2eq

representando el 4.1% solo para el alcance 3. En comparación con lo determinado en el trabajo realizado con una emisión de 1.5 tCO_2eq y un porcentaje solo para el alcance 3 de 2.05%.

Solo en mención para el alcance 3, las emisiones generadas por los residuos sólidos ocupan un penúltimo lugar solo por arriba del consumo de papel en los trabajos anteriormente mencionados, las cuales aplican la misma metodología (GHG protocol). Dicha posición ante las demás fuentes de emisión se dio por la cantidad anual de residuos sólidos generados, asimismo por el número de estudiantes y trabajadores, como también por el número de edificios donde se recolectan los residuos.

En estos casos, dado a que su caracterización se reduzca a solo un área específica (Facultad de una Universidad). No minimizar el impacto ambiental que estas producen. En ese sentido, según Dulanto (2013) afirma que hoy en día uno de los problemas que enfrenta el creciente desarrollo tecnológico e industrial de las sociedades modernas es la progresiva generación de residuos, la cual trae consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud.

4.4.3. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por transporte Casa-UNU

Para cuantificar las emisiones de GEI se realizaron encuestas considerando solo a los estudiantes, docentes y administrativos que laboraron en el 2017, según información obtenida de la oficina de decanatura se identificaron a 34 docentes, 18 administrativos y 226 estudiantes según tamaño de muestra.

Se calculó la emisión de tCO_2e de estudiantes a partir de la encuesta realizada a 226 estudiantes y luego en base a estos resultados se extrapolaron a un total de 549 estudiantes, siento el total de estudiantes de ambas carreras.

En la tabla 19, se muestran las emisiones de GEI correspondiente al transporte Casa - UNU - Casa, los cuales se obtuvieron al realizar el cálculo del desplazamiento empleando información recogida de las encuestas. Dicha información sirvió para obtener las emisiones de GEI generadas por el transporte desde su casa a la Universidad.

Tabla 19. Emisiones de GEI por transporte Casa-UNU-Casa

Categoría	Emisiones Totales (tCO_2eq)	Participación (%)
Estudiantes	105.86	89.89
Docentes	9.16	7.78
Administrativos	2.75	2.33
TOTAL	**117.77**	**100**

Fuente: Elaboración Propia

Las emisiones generadas por el transporte Casa-UNU-Casa generaron un total de 117.77 tCO_2eq, el cual representa un 76.61% de la totalidad de las emisiones generadas por la Facultad (ver Tabla 6). En la figura 7, se puede distinguir la contribución en la emisión entre los estudiantes, docentes y administrativos. Siendo los de mayor emisión los estudiantes con un total de 105.86 tCO_2eq el cual representa el 89.89%.

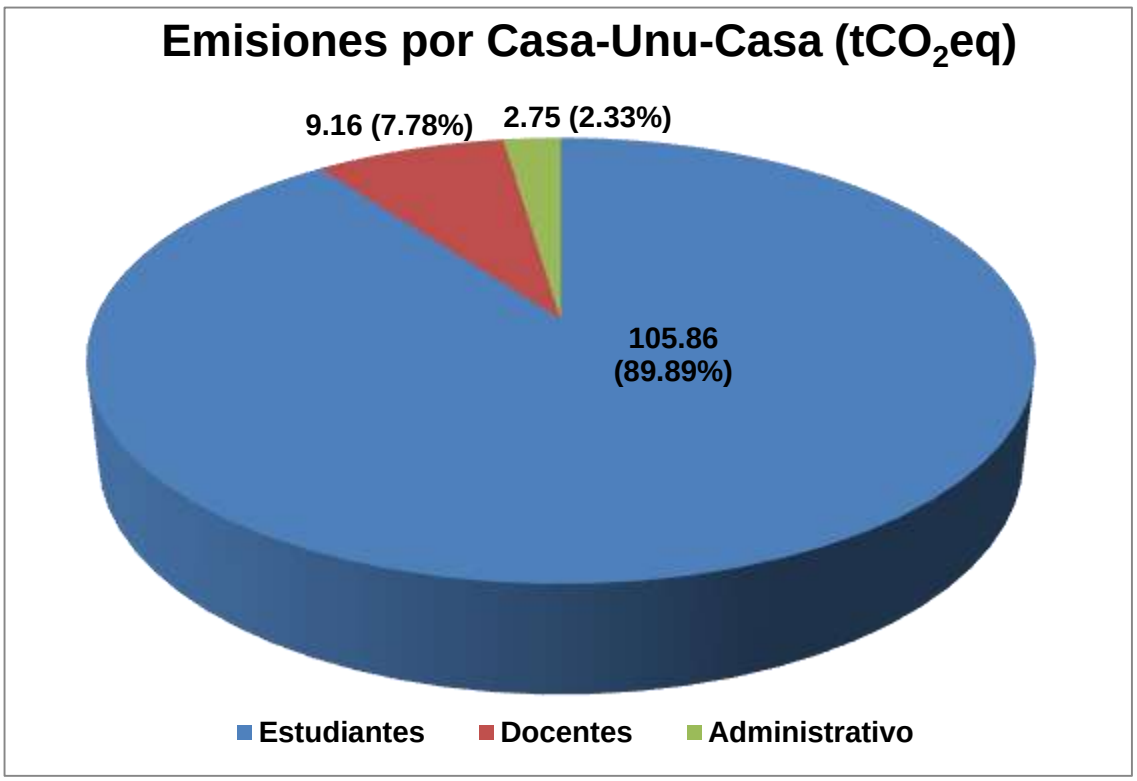


Figura 7. Emisiones generadas por Casa-UNU-Casa

En la figura 8, se muestra los tipos de vehículos utilizados por la población universitaria de la FCFyA, en el cual se puede observar que la motolineal tiene un mayor uso en la población para desplazarse de sus domicilios a la universidad, representando el 50.35% de la totalidad de vehículos utilizados. Además, se obtiene que el vehículo de menor uso es la combi con un porcentaje de 1.08%.

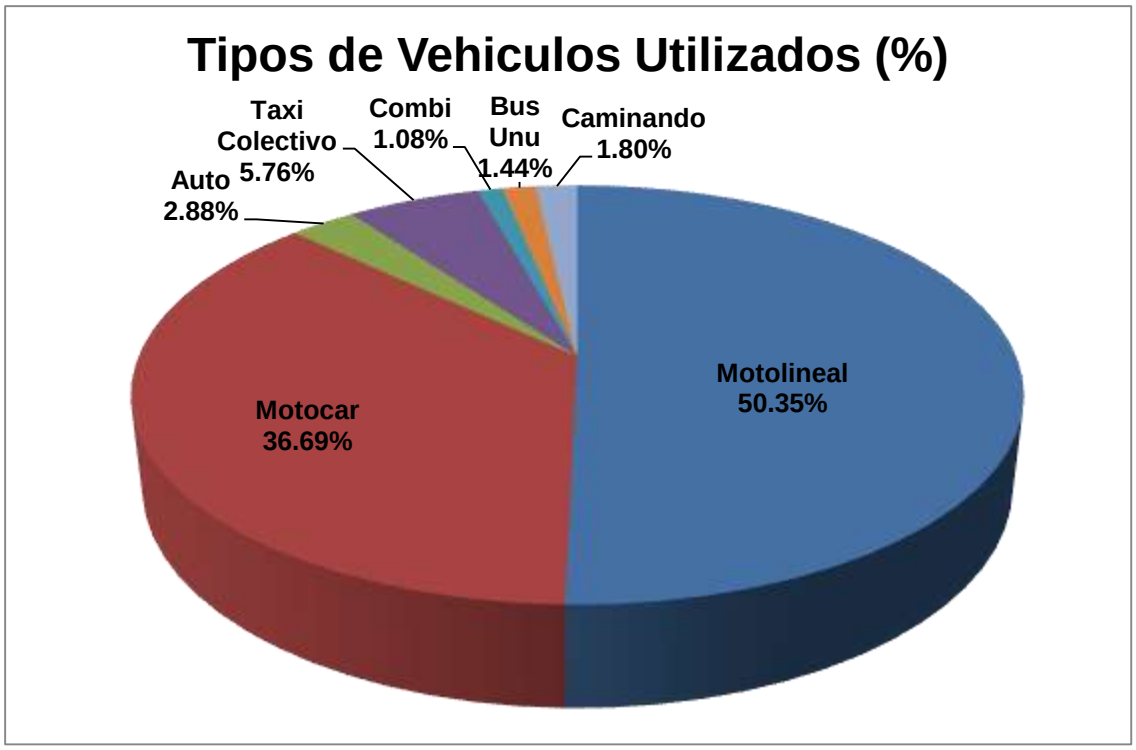


Figura 8. Tipos de vehículos utilizados en el transporte Casa-UNU-Casa

Los resultados determinaron que el transporte Casa-UNU-Casa, representa la fuente de mayor emisión generada en la FCFyA en el año 2017 con un total de 117.77 tCO_2eq. Lo obtenido por Estrada (2017), el transporte Casa-UNU-Casa emitió un total de 81.81 tCO_2eq representando un 81.75% del total de emisiones. Cabe precisar que la población total pertenecientes a la Facultad para el año 2016 fue de 663 personas entre estudiantes, docentes y personal administrativo a diferencia del año 2017 que fue de 601 personas.

La diferencia en tCO_2eq, se debe a que en el trabajo de Estrada (2017), se asumió un solo desplazamiento Casa-UNU-Casa para cada persona encuestada, en la práctica se observó que algunos estudiantes e incluso docentes, por diversos motivos académicos suelen desplazarse varias veces por día hacia la universidad hecho que se asumió en el trabajo realizado en base a las encuestas realizadas.

Asimismo para el cálculo de Huella de Carbono en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Córdova, Reyes (2014) determinó un total de 283.05 tCO_2eq en el transporte Casa-Universidad, su análisis arroja al automóvil como el medio de transporte más utilizado representando un 56% con referencia a los demás tipos de vehículos. En comparación con lo encontrado por Estrada (2017), donde arroja a la motolineal como el tipo de vehículo de mayor uso por la población universitaria de la FCFyA.

4.4.4. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por viajes terrestre

El total de kilómetros recorridos por los docentes y alumnos en viajes terrestres para el año 2017 fue de 6196 km, el detalle de la información recopilada de los viajes, la distancia total recorrido y las emisiones por pasajero se encuentra en el anexo 12 y 13.

En la tabla 20 se observa las emisiones de GEI correspondiente a los viajes terrestres realizados por docentes y alumnos de la Facultad, las cuales se obtuvieron realizando los cálculos en función a la información obtenida.

Tabla 20. Emisiones de GEI por viajes terrestres según ruta

Ruta	Nº de docentes	Emisión por pasajero	Emisión Total tCO_2eq	Participación (%)
Lima-Huancayo	1	0.0114	0.011	0.68
Pucallpa-Puerto Inca	5	0.0137	0.069	4.08
Pucallpa-Huánuco	4	0.0138	0.055	2.46
Pucallpa-Huancayo	1	0.0222	0.022	1.32
Pucallpa-Lima	69	0.0223	1.539	91.46
TOTAL			**1.70**	**100**

Fuente: Elaboración Propia

Las emisiones generadas por los viajes terrestres según ruta de viajes de los docentes y alumnos de la Facultad son de 1.70 tCO_2eq, el cual representa el 1.10% de la totalidad de emisiones generadas por la Facultad (ver Tabla 6).

En la figura 9 se puede observar la contribución de emisiones de GEI entre las diferentes rutas. Siendo la ruta Pucallpa-Lima-Pucallpa la de mayor emisión con un valor de 1.539 tCO_2eq.

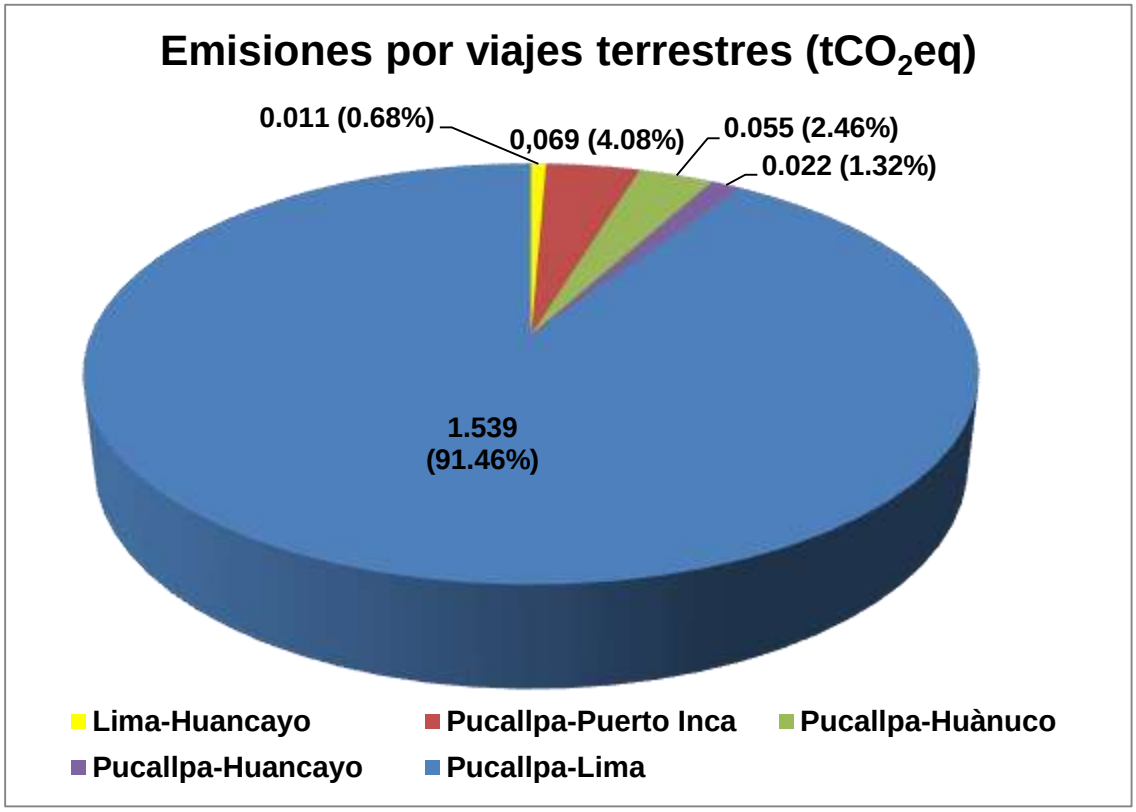


Figura 9. Emisiones por viajes terrestres

Para el año 2016 según el trabajo realizado por Estrada (2017) sobre los viajes terrestres hechos por los docentes y estudiantes de la FCFyA determinó un total de emisiones de 1.184 tCO_2eq, valor casi similar a lo determinado en el trabajo realizado con un total de 1.7 tCO_2eq. El único punto en concordancia entre ambos trabajos es la ruta que genera mayor emisión de GEI siendo la ruta Pucallpa-Lima-Pucallpa con un valor de 1.12 tCO_2eq del total en el año

2016 y 1.54 tCO_2eq del total para el año 2017 con porcentajes de 94.5% y 91.5% respectivamente.

Cabe indicar, que la diferencia se da primero por el número de docentes y estudiantes, número de ida y vuelta; luego por la diferente técnica o método de cuantificación sobre el cálculo utilizado. IPCC (2006a) menciona, que la disponibilidad de datos es un determinante crítico del método apropiado y, por lo tanto, cambios en los datos disponibles pueden conducir a cambios o mejoras en los métodos.

Se espera que la disponibilidad de los datos mejore a medida que los organismos encargados de los inventarios adquieran experiencia y dediquen más recursos a la preparación de inventarios de GEI. Asimismo cada técnica conviene a determinadas situaciones, que dependen, entre otras cosas, de la disponibilidad de datos y la naturaleza de la modificación metodológica que se haya hecho. Para elegir la técnica, es necesario evaluar las circunstancias de cada caso y determinar la opción que mejor le convenga.

Según (IPCC) citada en Greenpeace (2009), el transporte contribuye con aproximadamente un 13% a las emisiones globales de GEI. Además, esta cifra crece al doble de velocidad que la del resto de sectores. Se estima que en el 2050 esta contribución global del transporte a las emisiones de GEI puede llegar a alcanzar el 30% del total.

4.4.5. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por viajes aéreos

Los viajes aéreos a nivel nacional e internacional que han realizado los docentes de la FCFyA con fines laborales suman un total de 7870 Km de

recorrido total, el detalle de los vuelos y la distancia total recorrido se encuentra en el anexo 14 y 15. En la tabla 21, se observa las emisiones de GEI correspondientes a los viajes aéreos realizados por los docentes para el año 2017.

Tabla 21. Emisiones de GEI por viajes aéreos según ruta

Categoría de vuelo	Nº de docentes	Distancia ida y vuelta (Km)	Factor de emisión ($KgCO_2/pKm$)	Emisión Total (tCO_2eq)	Participación (%)
Vuelos Cortos	5	978	0.1550	0.75	31.25
Vuelos Largos	3	4936	0.1112	1.65	68.75
TOTAL				**2.4**	**100**

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo uso de los kilómetros recorridos y factores de emisión (Ver Tabla 5) se ha podido determinar que se ha generado en el año 2017 un total de 2.4 tCO_2eq, el cual representan un 1.56% de la totalidad de emisiones generadas por la Facultad (Ver Tabla 6).

En la figura 10, se puede distinguir los viajes nacionales e internacionales realizados por los docentes de la FCFyA. Viajes nacionales (vuelos cortos) que tienen como destino a la ciudad de Lima, siendo Chile el único viaje internacional (vuelo largo) realizado por los docentes de la Facultad, el cual también representa el viaje aéreo de mayor emisión con un total de 1.65 tCO_2eq.



Figura 10. Emisiones por viaje aéreos

Con respecto a los viajes aéreos realizados por los docentes de la FCFyA Estrada (2017) realizó sus cálculos utilizando la calculadora online de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO por sus siglas en inglés) teniendo como resultado un total 2.3 tCO_2eq correspondiente al año 2016. Valor similar a lo obtenido para el año 2017, con un total de 2.4 tCO_2eq, con la diferencia que en el presente trabajo de investigación se utilizó una diferente técnica de cálculo, y aplicando factores de emisión del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA por sus siglas en ingles).

Por lo cual se observa la diferencia entre ambos trabajos, pues para Estrada (2017) el viaje nacional es la de mayor emisión con un valor de 1.55 tCO_2eq del total emitido, en comparación con el presente trabajo donde los viajes internacionales son los de mayor emisión generando un valor de 1.65 tCO_2eq del total emitido como se puede observar en la figura 10.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. La Huella de Carbono generada durante el año 2017 en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali resultó un total de 153.73 tCO_2eq.

2. El alcance de mayor representatividad de las emisiones de GEI es el alcance 3 correspondiente a las emisiones indirectas, con un 80.3% de las emisiones generadas durante el año 2017 por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

3. Se evidenció que la mayor cantidad de emisiones de CO_2eq fue emitida por el transporte Casa-UNU-Casa, perteneciente al alcance 3. Siendo ésta la mayor fuente de emisión de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, con 117.77 tCO_2eq correspondiendo un 76.61% del total.

4. A través de la implementación de las medidas de reducción y compensación propuestas para la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales se lograría un adecuado manejo de los recursos y posterior la facultad podría acreditarse como Carbono Neutro.

5.2. Recomendaciones

1. Es recomendable calcular anualmente la huella de carbono y comparar los resultados con el valor obtenido con los años anteriores, siguiendo un monitoreo para verificar si las emisiones de GEI se mantienen iguales o aumentan.

2. Establecer un control estricto, al momento de recopilar información y registro de los datos de actividad de las diversas fuentes identificadas como generadoras de GEI, de tal manera que faciliten su acceso, su procedimiento y su análisis. Asimismo mantener actualizado los inventarios y/o solicitudes, para facilitar la recolección de la información necesaria.

3. Adecuarse a los factores de emisiones nacionales o de organizaciones que tengan prestigio internacional, para todos los componentes utilizados en las diferentes actividades o fuentes identificadas, de tal manera que el cálculo de la huella de carbono se acople más a la realidad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Barreda, M., y Polo, J. (2010). "*Evaluación de la Huella de Carbono de una Institución Educativa de Nivel Superior. Estudio de caso*". Universidad Católica San Pablo. Arequipa, Perú. 153 pág.

CEPIS, (2005). *"Manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales".* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Lima.

CPPS, (2014). "*Línea base del conocimiento regional sobre las implicancias de la Huella de Carbono en los procesos de toma de decisiones*". Comisión Permanente del Pacífico Sur. Serie Estudios Regionales No. 2. Guayaquil, Ecuador. 133 pág.

COES-SINAC, (2018). "*Memoria anual 2017"*. Comité de Operaciones Económica del Sistema Interconectado Nacional. Lima, Perú.

DEFRA, (2014). Government GHG Conversion Factors for Company Reporting.

Díaz-Cruz, M. (2016). *"Bonos de carbono: instrumento en el sistema financiero internacional"*. Revista libre empresa. Pág. 11-33.

Díaz, F. (2015). *"Cálculo de Huella de Carbono en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas"*. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Dulanto, A. (2013). "*Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente*". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Pág. 14

Eguren, L. (2006). "*El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: Balances y Perspectivas"*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica de América Latina y Caribe (CEPAL). Santiago de Chile-Chile.

Estrada, Z. (2017). *"Cálculo de Huella de Carbono y propuesta de lineamientos para la neutralidad de emisiones en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales"*. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 60 pág.

Forster, P., et al. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. En: "The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. y Miller, H.L. eds). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, USA, pág. 211-216

García, G. (2013). *Huella de Carbono*. AEC. Comité de Medio Ambiente.

Gonzales, M. (2014). "*Aplicación de los factores de emisión para el cálculo de la Huella de Carbono al campus de la Universidad de Cantabria*". Tesis para optar el título de Ingeniero Técnico Industrial. Santander - España. 86 pág.

Greenpeace (2004). "*El papel: como reducir el consumo y optimizar el uso y reciclaje de papel. Guías para un consumo responsable de productos forestales"*. España. Pág. 5

Greenpeace (2009). "*Transporte: el motor del cambio climático*". España. Pág. 11

IPCC (1997). (Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Volumen I, Instrucciones para realizar el informe del inventario). J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

IPCC (2006a). Capítulo 7: elección de la metodología y realización de nuevos cálculos. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 2: datos de generación, composición y gestión de desechos. Vol. 5.

IPCC, (2007). Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III (GTI, GTII y GTIII) al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, CH. pág. 104

IPCC, (2001). Tercer informe de Evaluación Cambio Climático 2001. La base científica. Resumen para responsables de políticas y resumen técnicos. IPCC, Shanghai, China, Pág. 94.

IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pag.

ICFPA, (2005). "*Calculation Tools for estimating Greenhouse Gas Emissions from word product Facilities*". Washington DC, Paris, FR.

ICONTEC, (2015). Consultado el 11 de Octubre del 2017. Disponible en http://www.icontec.org/index.php/sa/inicio/cambio-climatico/carbono-neutro.

Jeri y Velásquez (2015). *"Cálculo de la Huella de Carbono en una empresa de fabricación e instalación de pisos de madera"*. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. Pág. 55-59

Kiely, G. (1999). "*Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*". Vol. II. Ed. Mc Graw Hill. Madrid, España.

Mayorca J., Motta B., Ríos E., y Tenazoa G., (2018). "Oportunidades de desarrollo del mercado de bonos de carbono en el Perú". Tesis para optar el grado académico de maestro en finanzas. Universidad ESAN. Lima, Perú. Pág. 126, 127.

MAPFRE, (2013). "*Cálculo de la Huella de Carbono conlleva ventajas para las empresas*". Seguridad y Medio Ambiente. Pág. 44-46.

MINAM, (2009). "*Cambio climático y desarrollo sostenible en el Perú*". Ministerio del Ambiente. Marco del proyecto segunda comunicación nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima, Perú. 31 pág.

MINAM, (2015). “*Informe de Balance de la Gestión Regional Frente al Cambio Climático en el País*”. Avances, Logros, Dificultades, Retos y Oportunidades.

MINAM, (2010). *Segunda comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC*. Lima, Perú.

MINAM, (2014). *Estrategia nacional frente al cambio climático.*

Núñez, J. (2012). “*Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero*”. IV Congreso Internacional de Comunicación Social. Universidad de La Laguna. Monterrey, México. Pág. 2

OECC, (2014). “*Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*”. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. 65 pág.

Ortiz, A., y Hostos, A. (2016). *“Cálculo de la Huella de Carbono para la Facultad de Artes ASAB”*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 87 pág.

OPS y OMS (2003). “*Gestión de Residuos Sólidos en Situaciones de Desastre*”. Washington, D.C. 102 pág.

PUCC y Oficina de Sustentabilidad, (2013). “*Informe técnico de la Huella de Carbono de la Escuela de Ingeniería*”. Pontifica Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Reyes, J. (2014). “*Resumen del informe del cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias*”. Universidad de Córdova. 4 pág.

Reed, K., y Ehrhart, C. (2007). "*Guía para responsabilizarnos de las Emisiones de Gases Efecto Invernadero de CARE*". Taller CARE y El Carbono. Nairobi, Kenya, pág. 5-8.

Rodríguez, M., y Mance, H. (2009). "*Cambio climático: lo que está en juego*". Foro Nacional Ambiental. Bogotá, Colombia. 76 pág.

Sánchez, V., y Rivero, J. (2007). "*El cambio climático en el Perú*". Asociación civil Labor. Lima, Perú. 8 pág.

SEMARNAT, (2014). *"Teorías y conceptos generales para la elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero"*. México. 105 pág.

Tamayo, J., salvador, J., Vásquez, A., & Vílchez, C., (2016). "*La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país"*. Osinergmin. Lima, Perú. Pág. 257.

Tú transformas (2010). "*Estudio de Huella de Carbono de la jornada impacto de la ley de economía sostenible en la gestión medioambiental de la empresa*". Marco del día mundial del medio ambiente. Club Asturiano de calidad - Federación Asturiana de Empresarios. 32 pág.

Vargas, P. (2009). "*Cambio climático y sus efectos en el Perú*". 59 pág.

Vargas, P., y Barco, D. (s.f.) "*El cambio climático y sus efectos en el Perú*". Moneda-diagnostico. Perú. 25-29 pág.

Viteri, F. (2013). "*Cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería*". Tesis de maestría para optar el título de magister en

sistemas de gestión ambiental. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. 106 pág.

WRI, (2008). "*GHG Protocol tool for mobile Combustion (V 2.0)*". Washington DC, Estados Unidos de América.

WBCSD & WRI, (2007). "*Indirect CO_2 emissions from the Consumption of purchased Electricity heat, and/or Steam (V 1.2)*". Washington DC, Estados Unidos de América.

WBCSD & WRI, (2004). "*Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*". Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Washington DC, Estados Unidos de América.

ANEXOS

ANEXO 1: PLAN DE CARBONO NEUTRO

PLAN DE CARBONO NEUTRO

MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES GENERADAS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Cuando se conoce la cantidad de emisiones generadas por una cierta actividad y como estas son producidas, se está en condiciones de implementar medidas de reducción de emisiones de GEI. El fin último de disponer de la Huella de Carbono es lograr la reducción de emisiones que están asociados a eficiencia en el uso de los recursos o en el uso de la energía.

Así se presentan medidas de reducción para las siguientes actividades:

Reducción de emisiones derivadas del Consumo de combustible fósiles

Disminuir el consumo de combustible

Optimizar la cantidad anual de combustible, pedidos por la Facultad para actividades específicas. Sustituir el combustible de 90 octanos por el Diésel cuya combustión genera menor cantidad de GEI que el combustible de mayor utilización.

Reducción de emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica

Sensibilización para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica

Desarrollar programas y actividades de capacitación en Educación Ambiental entre los estudiantes de las diferentes carreras, los docentes y personal administrativos con el fin de crear en ellos conciencia ambiental frente al consumo de energía eléctrica y mediante prácticas sencillas se pueden reducir los altos niveles de consumo actuales.

Cambio de luminarias fluorescentes a tecnología LED

La implementación de tecnologías LED, que implica el cambio de las luminarias instaladas actualmente que sean de más de 40W y estén prendidas más de 4 horas por día, se reduciría el consumo de energía por luminarias en casi un 80%; teniendo en cuenta que el ciclo de vida de estas, es mucho mayor que el de las actuales (200.000 horas LED, 50.000 horas Fluorescentes), esto no solo reduciría los consumos de energía, sino que minimizaría los costos de mantenimiento y operación de las mismas.

Eficiencia energética en equipos de computo

Instalación de herramientas ofimáticas en las computadoras de los trabajadores y docentes. La ofimática es el conjunto de técnicas, aplicaciones y herramientas informáticas que se utilizan en funciones de oficina para optimizar, automatizar y mejorar los procedimientos o tareas relacionados, algunas de estas herramientas permiten reducir el consumo de energía de los equipos de cómputo.

Implementación de paneles solares

Constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades diarias de la población universitaria en el uso de energía eléctrica. Haciendo uso de las azoteas o techos de las diferentes áreas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

Reducción de emisiones derivadas del consumo de papel

Formular un programa de reciclaje y disminución del consumo de papel

Es fundamental que la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales introduzca un sistema para la recolección, almacenamiento y recuperación de papel usados en todas las áreas. Con el proceso de reciclar se disminuye la presión sobre los bosques, pues el papel reciclado requiere menos árboles para su fabricación y supone menos emisiones de contaminantes.

Trabajos entregados por medio electrónicos

Una de las mejores maneras de disminuir el uso de papel es permitiendo que la mayoría de trabajos e investigaciones que se asignen a los estudiantes puedan ser enviados por medio electrónico, de esta forma se evitará impresiones que en muchos casos son innecesarias. Para esto se debe contar con el compromiso por parte de los docentes que permita generar cambios culturales en el sistema educativo actual.

Trabajos permitidos con impresión a doble cara

Una forma eficaz de reducir el consumo de papel es que los docentes permitan que los trabajos que requieran ser entregados de forma física durante el semestre sean impresos a doble cara, de esta forma se evita el mal uso que comúnmente se le da al papel ya que en la mayoría de veces son impresos por una sola parte de la hoja desperdiciándose el 50% de su uso potencial. Si la impresión es necesaria y el trabajo está en proceso de desarrollo, es decir, es un borrador, permitir ser impreso en hojas que se han reciclado de impresiones anteriores y que aún tienen un uso potencial.

Reducir el tamaño de la hoja y la fuente

Muchas fotocopiadoras cuentan con la opción de reducir el tamaño de la hoja de forma que en una sola cara quepan dos páginas, así se estará maximizando el uso de papel. También se puede permitir fuentes de escritura más pequeñas a las comúnmente recomendadas por las diferentes normas aprovechándose mejor el área de papel.

Reutilizar el papel impreso por una sola cara

Si la impresión es necesaria y el trabajo está en proceso de desarrollo, es decir, es un borrador, se debería permitir ser impreso en hojas que se han reciclado de impresiones anteriores y que aún tienen un uso potencial.

Reducción de emisiones derivadas del consumo de residuos solidos

Adecuada separación de los residuos sólidos

Los residuos orgánicos e inorgánicos generados en las distintas áreas pertenecientes a la Facultad, deberán ser recolectadas de forma separada. Permitiendo que se haga de ellos una gestión más sostenible (compost o reciclaje). Esto además de significar una disminución en los volúmenes de producción de residuos sólidos.

Sensibilización a la población universitaria

Fomentar entre los estudiantes, docentes y personal administrativo; programas como por ejemplo la regla de las 3 “R”, ya que se tendría una reducción, reutilización y reciclaje; se obtendrá una baja en las emisiones de GEI que se producen por tales residuos.

Reducción de emisiones derivadas del transporte Casa-UNU-Casa

Uso de bicicletas

La bicicleta es el medio de transporte, luego del caminar, que menos impactos conlleva de todo tipo: no consume energía, no contamina, apenas produce ruido y el espacio que necesita es escaso. Dicha propuesta estaría enfocada principalmente a la población universitaria que vive a menos de 10 minutos o 3 km que se traslada en vehículo propio o particular. Además, resulta beneficiosa para la salud de las personas que la utilizan y permite un mayor contacto con el entorno. Es por todo esto que es fundamental que las autoridades apuesten de forma decidida por la bicicleta.

Promover el uso de transporte público y bus universitario

Con el transporte público se optimizará el tiempo realizando alguna otra actividad de camino a la universidad o casa: repasar el email, meditar, consultar las redes sociales o leer un buen libro. Las emisiones de gases son mucho menores. Con el transporte público se llegará al destino sin complicaciones y sin estrés.

Asimismo promover el uso del bus universitario informando sobre las rutas, horarios y paraderos, siendo una mejor opción de transporte para los estudiantes, docentes y personal administrativo llegando hacer un beneficio en la parte ambiental y económico.

Uso compartido de movilidad

Promover el uso compartido de movilidad, mediante campañas donde se evidencie que las emisiones de CO_2 se reducen mientras más alto es el nivel de ocupación. Se planeará días en que un solo vehículo transporte al mayor

número de personas que vivan en los mismos sectores e incentivar esta práctica. Igualmente se hacer entre docentes y personal administrativos.

Proyectos de investigación

Impulsar proyectos de investigación desde distintas disciplinas sobre tecnologías limpias en los motores y carburadores de los vehículos.

Plan curricular

Con una adecuada programación curricular en beneficio del estudiante, se evitará espacios excesivos de tiempo, reduciendo el número de veces por día y el exceso de emisiones de CO_2 diario por estudiante.

Reducción de emisiones derivadas de viajes terrestres

Empresas de transportes optimas

Para los viajes terrestres de los docentes y/o estudiantes, evaluar con la empresa encargada la posibilidad de que los vehículos empleados para este transporte sean los de más alto rendimiento, reduciendo los consumos de combustibles.

Reducción de emisiones derivadas de viajes aéreos

Videoconferencias

Desarrollar e implementar las comunicaciones unificadas, que permite reducir el número de viajes nacionales e internacionales por medio de teleconferencias y videoconferencias, entre otras herramientas, que evita el desplazamiento principalmente de docentes a otras ciudades o países.

Medios de transporte alternativos

Para trayectos en los que la distancia a recorrer y el tiempo disponible lo permita, y donde alternativas como la videoconferencia no sea factible, se recomienda utilizar medios de transporte con menor impacto en el calentamiento global que el transporte aéreo.

MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Después de haber planteado varias medidas de reducción, y tras comprobar que existen ciertas emisiones que resultan muy difícil de reducir, se plantea la posibilidad de llevar a cabo proyectos de compensación a través de bonos de carbono, financiamiento de proyectos que serían de energía renovables, gestión de residuos, o eficiencia energética, entre otros.

Bonos de Carbono

Los bonos de carbono o créditos de carbono o bonos verdes como también se les denomina, corresponden a un conjunto de instrumentos que generan un mecanismo de descontaminación, cuyo objetivo es la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero causantes del cambio climático, específicamente el calentamiento global.

La reducción de emisiones se certifica mediante los CERs (Certified Emission Reductions), que constituye una clase de bono de carbono. Este certificado es la unidad de medida que corresponde a una tonelada de dióxido de carbono equivalente que ha sido reducida por medio de un proyecto de reducción de emisiones y es emitido en la etapa de ejecución del proyecto y se transa en mercado de carbono (Díaz-Cruz, 2016).

Precios

Los precios MDL se rigen básicamente por los ofrecido por el Banco Mundial y el Gobierno Holandés, que son los principales compradores de CERs. Los precios ofrecidos por estas entidades son de información pública. Los demás compradores por ahora son seguidores de estos precios. Estos precios están definidos básicamente por la voluntad de pago de los participantes de los fondos de carbono del Banco Mundial y del Gobierno Holandés.

Tabla 22. Precios de los principales fondos de carbono

Fondo de Carbono	Precio/tCO_2 eq (promedio)
Fondo Prototipo de Carbono (PCF)*	6.5 dólares
Oferta de Compra de Certificado de Reducción de Emisiones (CERUPT)*	5.5 euros
Netherlands Clean Development Facility (NCDF)*	6.5 dólares
IFC Netherlands Carbon Facility (INCaF)*	5 euros
MGM International*	6.5 dólares
Investing**	5.9 euros
Sendeco2**	5.83 euros

Fuente: * Eguren, 2006; ** Mayorca J., Motta B., Ríos E., y Tenazoa G., 2018.

Tabla 23. Escenario esperado aplicando el Plan de Carbono Neutro

Medida	Tipo de medida	Actividad	1er Año	2do Año	Responsables(s)
			Meta a implementar (%)	Meta a implementar (%)	
Reducción de emisiones derivadas del consumo de combustible fósiles	Reducción	Disminuir el consumo de combustible	50	50	Autoridades, Encargados y docentes
Reducción de emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica	Reducción	Sensibilización para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica	100	-	Docentes y estudiantes
	Reducción	Cambio de luminarias fluorescentes a tecnología LED	50	50	Autoridades
	Reducción	Implementación de paneles solares	50	50	Autoridades
Reducción de emisiones derivadas del consumo de papel	Reducción	Formular un programa de reciclaje y disminución del consumo de papel	100	-	Docentes
	Reducción	Trabajos entregados por medio electrónicos	100	-	Docentes y estudiantes
	Reducción	Trabajos permitidos con impresión a doble cara	100	-	Docentes y estudiantes
	Reducción	Reutilizar el papel impreso por una sola cara	100	-	Docentes, estudiantes y administrativos
Reducción de emisiones derivadas del consumo de residuos sólidos	Reducción	Adecuada separación de los residuos sólidos	100	-	Docentes, estudiantes y administrativos
	Reducción	Sensibilización a la población universitaria	100	-	Docentes y estudiantes
Reducción de emisiones derivadas del transporte	Reducción	Uso de bicicletas	50	50	Autoridades y estudiantes
	Reducción	Plan curricular	50	50	Docentes
Compensación de emisiones generadas por la FCFyA	Compensación	Bonos de carbono (lograr compensar el 100% de emisiones remanentes)	-	100	Autoridades

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: EMISIONES DIRECTAS DE GEI POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA FCFYA DE LA UNU

ENCUESTADOR (A): | **FECHA:**

FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO (LITROS)			DENSIDAD	PESO	FACTOR DE EMISIÓN			ÍNDICE DE PODER DE CALENTAMIENTO GLOBAL (GJ/Kg)		EMISIÓN DIRECTA (t CO_2 eq)	% DE PARTICIPACIÓN
		DIARIO	MENSUAL	ANUAL			CO_2	CH_4	N_2O	CH_4	N_2O		
TOTAL													

ANEXO 3: EMISIONES INDIRECTAS DE GEI POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (LABORATORIOS Y OFICINAS)

ENCUESTADOR (A):

FACTOR DE EMISION:

FECHA:

FUENTE DE EMISION	CANTIDAD	POTENCIAL NUMERAL (kW)	USO (h)			CONSUMO (Kw – h))		EMISION INDIRECTA (t CO2 eq))	% DE PARTICIPACION
			DIARIO	MENSUAL	ANUAL	POR TURNO	ANUAL		
TOTAL									

ANEXO 4: EMISIONES INDIRECTAS DE GEI POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (TALLER DE CARPINTERÍA)

Área del Taller de Carpintería

ENCUESTADOR (A): | FACTOR DE EMISION: | t CO2 eq / kW – h

N° DE MOTOR	FUENTE DE EMISION	POTENCIA NOMINAL			FACTOR DE UTILIZACION MAXIMA	POTENCIA NOMINAL AJUSTADA	RENDIMIENTO	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	POTENCIA ACTIVA	USO			CONSUMO			EMISION INDIRECTA	% DE PARTICIPACION
		hp	cv	kW							DIARIO	MENSUAL	ANUAL	DIARIO	MENDUAL	ANUAL		
TOTAL																		

ANEXO 5: FORMATO DE ENCUESTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Proyecto de Huella de Carbono (Encuesta de Transporte – Alcance 3)

Escuela Profesional:……

Nombre y Apellidos:……

Código:……Ciclo:……Fecha:……..

1. ¿Qué medio de transporte utilizas para tus actividades diarias en la UNU?

Transporte público		**Vehículo propio**			
Combi	( )	Camioneta	( )	**Uso no vehículo**	
Taxi colectivo	( )	Auto	( )	Bicicleta	( )
Motocar	( )	Motocar	( )	Caminando	( )
Bus de la UNU	( )	Motolineal	( )	Otros……..……	

2. En caso de vehículo propio especificar: la marca, el modelo y año del vehículo.

Marca:..... Modelo:…… Año:……

3. ¿Qué tipo de combustibles utilizas para tu vehículo? **(Vehículo Propio)**

a) Gasolina de 95 b) Gasolinas de 90 c) Diesel D-2 d) GLP

4. ¿Qué distancias aproximado recorres de tu casa a la UNU y que tiempo demoras en llegar?

Kilómetros:…….. Metros:……. Cuadras:…….. **Tiempo:**……...

5. ¿Cuántas veces al día asistes (ida y vuelta) a la UNU?

6. ¿Cuántos días a la semana asistes a la UNU?

¡Muchas Gracias por su Participación!

ANEXO 6: USO DE COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	CANTIDAD (GALONES)	LUGAR ENVIADO	FECHA
90 octanos	15	CICFOR - Macuya – UNU	Febrero-2017
90 octanos	15	CICFOR - Macuya – UNU	Marzo-2017
90 0ctanos	05	CICFOR - Macuya – UNU	Abril-2017
90 0ctanos	25	CICFOR - Macuya - UNU	Mayo-2017
90 octanos	15	CICFOR - Macuya – UNU	Junio-2017
90 octanos	15	CICFOR - Macuya – UNU	Julio-2017
90 octanos	05	CICFOR - Macuya – UNU	Diciembre-2017
GLP	6 balones de gas de 10 kg cada uno – Laboratorio de Química		

Fuente: Secretaria de Decanatura.

COMBUSTIBLE	CANTIDAD (GALONES)	DOCENTE	ASUNTO	Fecha
90 octanos	01	Dr. Carlos Panduro Carbajal	Curso: Química de la Madera Para: Practica BOSQUE - Macuya - UNU	Mayo-2017
90 octanos	05	Dr. Oscar Barreto Vásquez	Curso: Aprovechamiento Forestal Para: Practica BOSQUE - Macuya - UNU	Junio-2017

Fuente: Secretaria de Decanatura.

Total de combustible al año 2017	**101 galones de gasolina de 90 octanos**
	60 Kg de GLP

ANEXO 7: CÁLCULO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE LOS COMBUSTIBLES

$$\boldsymbol{ED_t = \sum \frac{C_i x VCN_i}{10^3} (FE_{CO_2} + FE_{CH_4} x PCG_{CH_4} + FE_{N2O} x PCG_{N2O})_i}$$

❖ **Para la gasolina**

Cantidad de gasolina de 90 octanos utilizado:

$$101 \text{ gl} \left(\frac{3.78541 \text{ L}}{1 \text{ gl}}\right) = 382.285 \text{ L} \left(\frac{0.739 \text{ Kg}}{L}\right) = \mathbf{282.539 \text{ Kg}}$$

$$\frac{282.539\text{Kg} * 0.0443\text{GJ/Kg}}{10^3} (69.3\text{KgCO}_2\text{/GJ} * 1 + 0.033\text{KgCH}_4\text{/GJ} * 28 + 0.0032\text{KgN}_2\text{O/GJ} * 265)$$

$$0.012516\text{GJ}(71.072\text{KgCO}_2\text{e/GJ})$$

$$\boxed{\mathbf{0.8895 tCO_2 eq}}$$

❖ **Para el GLP**

$$\frac{60\text{Kg} * 0.0473\text{GJ/Kg}}{10^3} (63.1\text{KgCO}_2\text{/GJ} * 1 + 0.001\text{KgCH}_4\text{/GJ} * 28 + 0.0001\text{KgN}_2\text{O/GJ} * 265)$$

$$0.00284\text{GJ}(63.1545\text{KgCO}_2\text{eq/GJ})$$

$$\boxed{\mathbf{0.1794 tCO_2 eq}}$$

ANEXO 8: CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR ÁREAS PERTENECIENTES A LA FCFYA

Tipo de RR.SS.	Pabellón			Laboratorios						Oficinas	Carpintería
	1er Piso	2do Piso	3er Piso	Transformación	Anatomía	Dendrología	Tecnología	Física	Química		
Botellas plásticas	1.380	3.150	4.785	0.175	0.320	0.260	0.765	0.625	0.825	2.725	0.375
Bolsas plásticas	0.600	1.350	1.105	0.110	0.200	0.145	0.325	0.175	0.120	0.275	0.105
Papel/cartón	0.845	1.230	1.820	0.425	0.350	0.465	0.500	0.540	0.940	1.925	0.850
Tecnoport	0.150	0.225	0.245	0.055	-	0.025	0.025	-	0.040	0.110	0.020
Orgánico	1.510	3.670	4.650	0.755	0.435	1.995	0.685	0.950	0.595	1.520	-
Vidrio	0.260	0.530	0.615	-	0.260	0.600	-	-	0.295	0.890	-
Madera	-	-	-	0.635	-	-	0.195	-	-	-	1.620
Aserrín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.500
Textil	-	-	-	0.020	-	-	0.410	-	-	-	0.210
Lata	0.150	0.320	0.250	-	-	-	-	0.050	0.065	0.210	-
SUBTOTAL (Kg.)	**4.895**	**10.475**	**13.47**	**2.175**	**1.565**	**3.490**	**2.905**	**2.340**	**2.880**	**7.655**	**12.680**
TOTAL (Kg.)	**28.840**			**15.355**							

ANEXO 9: CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COD Y EMISIONES DE RESIDUOS SÓLIDOS

- Cálculo para estimar el Carbono Orgánico Degradable (COD)

$$\mathbf{COD = 0.4A + 0.43B + 0.15C + 0.24D}$$

$$\mathbf{COD = 0.4(0.157) + 0.43(0.168) + 0.15(0.265) + 0.24(0.01)}$$

$$\mathbf{COD = 0.1772\ \frac{Kg\ de\ Carbono}{Kg\ de\ desecho}}$$

- Cálculo para estimar las emisiones de CH_4 emitidos

$$\mathbf{CH_4 emitido = \left(RSU_f * FCM * COD *\ COD_f * F *\ \frac{16}{12} - R\right) * (1 - OX)}$$

$$\mathbf{CH_4 emitido = \left(1895.04 * 0.4 * 0.5 * 0.1772 * 0.5 *\ \frac{16}{12} - 0\right) * (1 - 0)}$$

$$\mathbf{CH_4 emitido = 44.76\ Kg\ CH4/año}$$

Para llevar el resultado de CH_4 emitido a emisiones de CO_2 equivalente se multiplica por el PCG de CH_4 (Potencial de Calentamiento Global del Metano) que es igual a 28.

$$\mathbf{Emisiòn\ de\ RR.SS. = \left(\frac{44.76 * 28}{1000}\right) = 1.25\ tCO2e}$$

ANEXO 10: FACTOR DE EMISIONES DE CO_2 POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	Factor de Emisión (gCO_2/Km)
Híbrido (gasolina/eléctrico) Pequeño	100.1
Automóvil Pequeño a Gasolina, carretera	175.1
Automóvil pequeño a Gasolina, ciudad	215.5
Automóvil Mediano a Gasolina, carretera	186.8
Automóvil Mediano a Gasolina, ciudad	254.7
Automóvil Grande a Gasolina, carretera	224.1
Automóvil Grande a Gasolina, ciudad	311.3
Station Wagon Mediana, carretera	207.5
Station Wagon Mediana, ciudad	280.1
Mini Van, carretera	233.5
Van Grande, carretera	311.3
Van Grande, ciudad	400.2
Pick - up, carretera	254.7
Pick - up, ciudad	329.6
Pick - up grande, carretera	311.3
Pick - up grande, ciudad	373.5
Automóvil a GLP	266
Automóvil a Diésel	233
Camión Ligero a gasolina	400
Camión Pesado a gasolina	924
Camión Ligero a Diésel	374
Camión Pesado a Diésel	870
Motocicleta Ligera	93

Fuente: ICFPA (2005)

ANEXO 11: FACTOR DE EMISIÓN DE CH_4 Y N_2O POR TIPO DE VEHÍCULO

Vehículo	Combustible	Tecnología de control de emisiones	N_2O		CH_4	
			En marcha (caliente)	Arranque en frio	En marcha (caliente)	Arranque en frio
			Mg/Km	Mg/arranque	Mg/Km	Mg/arranque
Vehículo ligero (automóvil)	Gasolina	Vehículo de bajas emisiones	0	90	7	32
		Catalizador tridireccional avanzado	9	113	7	55
		Catalizador tridireccional inicial	26	92	39	34
		Catalizado de oxidación	20	72	82	9
		Catalizador de no oxidación	8	28	92	59
		Sin controlar	8	28	101	62
	Diésel	Avanzada	1	0	1	-3
		Moderada	1	0	1	-3
		Sin controlar	1	-1	1	-3
	GLP		5	0	24	0
	GNC		27-70	0	215-725	0
Camión ligero	Gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	59	7	46
		Catalizador tridireccional avanzado	25	200	14	82
		Catalizador tridireccional inicial	43	153	39	72
		Catalizado de oxidación	26	93	81	99
		Catalizador de no oxidación	9	32	109	67
		Sin controlar	9	32	116	71
	Diésel	Avanzada y moderada	1	-1	1	-4
		Sin controlar	1	-1	1	-4
Camión Pesado	Gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	120	14	94
		Catalizador tridireccional avanzado	52	409	15	163
		Catalizador tridireccional inicial	88	313	121	183
		Catalizado de oxidación	55	194	111	215
		Catalizador de no oxidación	20	70	239	147
		Sin controlar	21	74	263	162
	Diésel	Avanzado, moderado o sin control	3	-2	4	-11
	GLP		93	0	67	0
	GNC		185	0	5983	0
Motocicleta		Catalizador	3	12	40	24
		Sin controlar	4	15	53	33

Fuente: IPCC (2006)

ANEXO 12: VIAJES TERRESTRES DURANTE EL AÑO 2017

Docentes/Responsables	Ruta	Fecha
Ing. Roel Velazco Aguilar	Pucallpa-Huánuco-Pucallpa	22-24/enero/2017
Dr. Rubén Manturano Pérez	Lima-Huancayo-lima	16-17/febrero/2017
Ing. Roel Velazco Aguilar	Pucallpa-Puerto Inca-Pucallpa	13/Julio/2017
Ing. Roel Velazco Aguilar	Pucallpa-Huánuco-Pucallpa	16-18/Julio/2017
Dr. Rubén Manturano Pérez	Pucallpa-Huancayo-Pucallpa	15-17/Agosto/2017
Dr. Rubén Manturano Pérez	Pucallpa-Huánuco-Pucallpa	31/Agosto-01/Setiembre/2017
Dr. Rubén Manturano Pérez Ing. Roel Velazco Aguilar	Pucallpa-Puerto Inca-Pucallpa	05/Setiembre/2017
Dr. Rubén Manturano Pérez Ing. Roel Velazco Aguilar	Pucallpa-Puerto Inca-Pucallpa	12/Setiembre/2017
Ing. Tedy Tuesta Torrejón	Pucallpa-Huánuco-Pucallpa	02,03/Noviembre/2017
Ing. Tedy Tuesta Torrejón Ing. Noé Guadalupe Baylon Ing. David León 66 Estudiantes	Pucallpa-Lima-Pucallpa	18-25/Noviembre/2017

ANEXO 13: DETALLES DE LOS VIAJES TERRESTRES POR RUTA

Ruta	Tipo de vehículo	Nº de pasajeros	Nº de viajes (ida y vuelta)	Distancia recorrida (Km)*	Distancia ida y vuelta (Km)	Distancia total recorrido (Km)	Emisión por pasajero (tCO2eq)
Lima-Huancayo	Bus interprovincial	50	1	304	608	608	0.0114
Pucallpa-Puerto Inca	Camioneta	5	3	120	240	720	0.0137
Pucallpa-Huánuco	Bus interprovincial	50	3	367	734	2202	0.0138
Pucallpa-Huancayo	Bus interprovincial	50	1	592	1184	1184	0.0222
Pucallpa-Lima	Bus UNU	69	1	741	1482	1482	0.0223
TOTAL						6196	0.0834

Fuente: * https://pe.rutadistancia.com/

ANEXO 14: VIAJES AÉREOS DURANTE EL AÑO 2017

Docentes/Responsables	Ruta	Fecha
Dr. Rubén Manturano Pérez	Pucallpa-Lima-Pucallpa	13-15/febrero/2017
Ing. María Flores Romayna	Pucallpa-Lima-Pucallpa	10-12/Agosto/2017
03 Docentes	Pucallpa-Lima-Pucallpa	04-12/Noviembre/2017
	Lima-Chile-Lima	

ANEXO 15: DETALLE DE LOS VIAJES AÉREOS POR VUELOS

Ruta	Nº de viajes (ida y vuelta)	Distancia Recorrido (km)*	Distancia (ida y vuelta) (Km)	Distancia Total recorrido (km)
Pucallpa-Lima-Pucallpa	3	489	978	2934
Lima-Chile-Lima	1	2468	4936	4936
TOTAL				**7870**

Fuente: * https://www.geodatos.net/

ANEXO 16: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 11. Identificación de potencias nominales en los aparatos electrónicos y equipos



Figura 12. Taller de carpintería, identificación y encuesta



Figura 13. Caracterización de residuos sólidos generados por las diferentes áreas



Figura 14. Residuos sólidos recogidas en bolsas negras con sus identificaciones



Figura 15. Contabilización de fluorescentes pertenecientes a la facultad



Figura 16. Taller de carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.