

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE INGENIERÍA. LIMA-PERÚ”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

ELABORADO POR:

PALOMINO OCHANTE, CRISTHIAN JHONN

ASESOR:

ING. MÓNICA VALER CERNA

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Ruth y Juan, mis padres, por hacer posible mi formación profesional, por su amor y soporte emocional de forma incondicional.

A Kiara y Mayi, mis hermanas, por su amor incondicional.

A toda mi hermosa familia y mis amigos por su aprecio e incondicional amistad.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia por permitirme seguir creciendo de forma personal y profesional.
A la plana docente, personal administrativo y de apoyo de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería por su orientación durante los años de estudios y por las gestiones administrativas para el desarrollo de la presente tesis.

A la Universidad Nacional de Ingeniería por las facilidades brindadas para el desarrollo de la presente investigación en sus instalaciones.

A la Ing. Mónica Valer por la revisión y crítica constructiva al presente documento.

RESUMEN

La investigación tuvo como propósito el cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, con la finalidad de establecer la contribución de la Facultad a las emisiones de CO₂ en el periodo académico 2018 – 1 e identificar su aporte a nivel local y nacional, a partir del cual se propusieron medidas de reducción para los factores que aportan a la Huella de Carbono.

El cálculo se basó en los principios y procedimientos del Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) según los alcances establecidos en dicho documento para determinar las emisiones directas (Alcance 1), emisiones indirectas (Alcance 2) y otras emisiones indirectas (Alcance 3). La información fue obtenida de fuentes como: reportes de la Facultad del consumo de papel, número de estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo, consumo de gas natural, consumo de agua, residuos sólidos producidos y gasto de energía eléctrica en la subestación de la Facultad; encuestas realizadas a una muestra representativa de los estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo para obtener los datos de movilidad como tipos de transporte utilizados, tiempo de viaje y frecuencia de asistencia a la FIA – UNI. Los cálculos se realizaron para cada alcance y para toda fuente de emisión, utilizando factores de emisión obtenidos de fuentes bibliográficas nacionales e internacionales, tomando los aplicables a las condiciones propias de la investigación y del área de estudio.

Se identificaron como fuentes de emisión: el consumo de energía eléctrica, el consumo de papel, los residuos sólidos generados y la emisión por movilidad de estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo. La mayor contribución fue de las fuentes móviles con 49.80%, seguidas por los residuos sólidos con 38.24%, dentro del cual se encuentran los residuos orgánicos que debido a su generación de metano (CH₄) en un relleno sanitario representan el 37.02% del total de emisiones y, por último, el consumo de electricidad con 11.96%. En el análisis por alcances, las

IV

otras emisiones indirectas (alcance 3) representó la mayor contribución con 88.04%, seguido por las emisiones indirectas debidas al consumo de electricidad (alcance 2) con 11.96%. No se detectó aporte de emisiones directas por lo que el alcance 1 se descartó. Las emisiones calculadas representaron aproximadamente un 0,001% de las emisiones estimadas de la ciudad de Lima y un 0.00007% del total de Perú. En términos numéricos, se estimó que la Huella de Carbono de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería fue de 168.74 tCO₂eq para el periodo académico 2018-1 y que la emisión per cápita fue de 0.15 tCO₂eq/persona.

Finalmente se realizaron recomendaciones sobre el uso eficiente de energía eléctrica por medio de mediciones de consumo de los equipos que usan electricidad, el cambio de combustible a GNV y una mejora en el tránsito vehicular por parte de la municipalidad, así como un adecuado manejo de residuos sólidos generados en la FIA – UNI con el fin de reaprovecharlos de forma sostenible.

ABSTRACT

The purpose of the research was to calculate the Carbon Footprint of the School of Environmental Engineering of the National University of Engineering Lima-Peru in order to establish the contribution of the Faculty to CO₂ emissions in the academic period 2018 - 1 and identify their contribution at the local and national level, from which reduction measures were proposed for the factors that contribute to the Carbon Footprint.

The calculation was based on the principles and procedures of the Protocol for Greenhouse Gases (GHG Protocol) according to the scope established in that document to determine direct emissions (Scope 1), indirect emissions (Scope 2) and other indirect emissions (Scope 3). The information was obtained from sources such as: reports from the Faculty of paper consumption, number of students, teachers, administrative and support staff, consumption of natural gas, water consumption, solid waste produced and electricity expenditure in the sub-station of the Faculty; surveys made to a representative sample of students, teachers, administrative and support staff to obtain mobility data such as types of transport used, travel time and frequency of assistance to the FIA - UNI. The calculations were made for each scope and for each emission source, using emission factors obtained from national and international bibliographic sources, taking those applicable to the conditions of the research and the study area.

The sources of emission were identified: the consumption of electrical energy, the consumption of paper, the solid waste generated and the emission by mobility of students, teachers, administrative and support staff. The largest contribution was from mobile sources with 49.80%, followed by solid waste with 38.24%, within which are organic waste that due to its generation of methane (CH₄) in a landfill represent 37.02% of the total emissions and, finally, electricity consumption with 11.96%. In the

analysis by scopes, the other indirect emissions (scope 3) represented the largest contribution with 88.04%, followed by indirect emissions due to electricity consumption (scope 2) with 11.96%. No contribution of direct emissions was detected, so scope 1 was discarded. The calculated emissions represented 0.001% of the estimated emissions of the city of Lima and 0.00007% of the total of Peru.

In numerical terms, it was estimated that the Carbon Footprint of the Faculty of Environmental Engineering of the National University of Engineering was 168.74 tCO₂eq for the academic period 2018-1 and that the emission per capita was 0.15 tCO₂eq/person.

Finally, recommendations were made on the efficient use of electric energy by means of measurements of consumption of the equipment using electricity, the change of fuel to NGV and a management of solid waste generated in the FIA-UNI in order to use them in a sustainable way.

PRÓLOGO

La investigación tuvo como propósito calcular la Huella de Carbono que se generó durante el periodo académico 2018-1 en la Facultad de Ingeniería Ambiental (en adelante FIA) de la Universidad Nacional de Ingeniería (en adelante UNI), ocasionado por las actividades académicas, y las relacionadas a éstas para llevarse a cabo, que se ejecutan en dicho recinto académico.

Durante el desarrollo del trabajo de investigación, se va estableciendo la situación problemática vinculada con la generación de la Huella de Carbono tanto a nivel mundial, nacional y local y por supuesto cual es el rol que puede tener la FIA – UNI como aportante de emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (en adelante GEI), el cual es un indicador de sostenibilidad. Para el entendimiento de la situación problemática fue necesario la revisión de la bibliografía disponible, que sirvió de sustento a todo el desarrollo. Se realizó también la consideración de trabajos de investigación previos, lo que sirvió de base para poder plantear el objetivo principal, y sobre el cual se centra la presente investigación.

Es de resaltar que para el cálculo de la Huella de Carbono fue necesario recopilar información sobre los hábitos de transporte, que fueron aportados tanto por los docentes, personal administrativo y apoyo, y estudiantes a través de una encuesta tipo probabilístico estratificado a una muestra de 306 personas de la comunidad universitaria de la FIA UNI, a quienes se les agradece su apoyo en la presente investigación. También se obtuvieron datos de otras fuentes de emisión identificadas, constantes y factores de emisión de fuentes nacionales e internacionales como tesis, informes de entes gubernamentales y privados, artículos publicados en revistas científicas, etc.

Se debe aclarar que este trabajo presenta un cálculo estimado de la Huella de Carbono que genera la FIA – UNI con la finalidad de conocer cuál es su aporte a la Huella de Carbono de la ciudad de Lima, a nivel Perú y si éste es significativo para el cambio climático. Se consideró para el cálculo la metodología del GHG Protocol,

VIII

la cual es de aceptación a nivel mundial y la cual requiere la identificación de todas las fuentes de emisión presentes en la FIA – UNI.

Las conclusiones se muestran al final del trabajo, donde se puede constatar que las mismas están acordes con el desarrollo de la investigación y que cada uno de los capítulos fue un factor importante para llegar a dichas conclusiones. Finalmente, se plantea un conjunto de sugerencias fundamentadas en las conclusiones y en las implicancias que evidencian los resultados sobre los aspectos ambientales de la actividad académica de la FIA - UNI.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	V
PRÓLOGO	VII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.1. Objetivo General.....	3
1.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES.....	4
2.1. Análisis situacional del área de estudio.....	4
2.1.1. Institucionalidad del área de estudio	4
2.1.2. Datos del Área de estudio.....	5
2.2. Realidad problemática	7
2.3. Planteamiento de la Hipótesis.....	10
2.4. Justificación de la Investigación	11
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	12
3.1. Cambio Climático	12
3.2. Efecto Invernadero.....	13
3.3. Gases de Efecto Invernadero.....	17

3.3.1.	Emisiones globales por tipo de fuente.....	19
3.3.2.	Emisiones de gases de efecto invernadero en Perú.....	21
3.4.	GHG Protocol.....	23
3.5.	Marco Legal e Institucional de GEI.....	24
3.5.1.	Ley General del Ambiente	24
3.5.2.	Política Nacional del Ambiente.....	25
3.5.3.	Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA 2011 – 2021	25
3.5.4.	Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021.....	25
3.5.5.	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental	26
3.5.6.	Ley Marco sobre Cambio Climático.....	26
3.6.	Protocolo de Kyoto.....	28
3.7.	Huella de Carbono	29
3.8.	Metodología para cuantificar Huella de Carbono.....	31
3.9.	Metodologías para determinación de la Huella de Carbono	31
3.9.1.	Protocolo de GEI – estándar corporativo de contabilidad y reporte (ECCR) 33	
3.9.2.	Identificación y cálculo de las emisiones GEI.....	35
3.9.3.	Norma ISO 14064 – cuantificación de gases de efecto invernadero.....	39
3.9.4.	Norma ISO 14069 – cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero para las organizaciones – guía para la aplicación de la norma ISO 14064 – I.....	40
3.10.	Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático	41
	CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA APLICADA.....	42
4.1.	Establecimiento del periodo base de estudio	42

4.2.	Elección de la metodología para la cuantificación de las emisiones de GEI	42
4.3.	Recopilación de información y descripción de la organización	43
4.4.	Determinación de los límites organizacionales y operacionales del inventario de GEI.....	43
4.5.	Metodología para la cuantificación de emisiones GEI	46
4.5.1.	Identificación de fuentes de emisión de CO2	46
4.5.2.	Cálculo de las emisiones.....	46
4.5.3.	Obtención de datos por fuente de emisión según alcance	47
4.5.3.1.	ALCANCE 1	47
4.5.3.2.	ALCANCE 2.....	48
4.5.3.3.	ALCANCE 3.....	55
	CAPÍTULO 5: RESULTADOS.....	59
5.1.	Alcance 1	59
5.2.	Identificación las fuentes de consumo eléctrico relacionadas al desarrollo de actividades de la FIA – UNI	60
5.3.	Identificación las fuentes de consumo de combustible fósil relacionadas al transporte de profesores, estudiantes y personal administrativo y de apoyo.	61
5.4.	Identificación las fuentes de generación de Residuos Sólidos en la FIA-UNI	65
5.5.	Cuantificación las emisiones generadas por la generación de residuos sólidos relacionadas a la actividad de la FIA-UNI.....	66
5.5.1.	Emisión generada por el consumo de papel	66

5.5.2. Emisión generada por residuos sólidos según el informe de Residuos sólidos 2017.....	69
5.5.2.1. Residuos Plásticos.....	70
5.5.2.2. Residuos de Papel y Cartón.....	73
5.5.2.3. Materia Orgánica	73
5.6. Cuantificación las emisiones generadas por el consumo eléctrico y de combustible fósil.....	78
5.6.1. Emisión por consumo eléctrico.....	78
5.6.2. Emisión generada por transporte de profesores, estudiantes, personal administrativo y de apoyo de la FIA – UNI.....	81
5.7. Resultados totales.....	87
5.7.1. Resultados por fuente de emisión	87
5.7.2. Resultados por Alcances.....	90
5.7.3. Cálculo de la Incertidumbre.....	92
5.7.4. Resultados obtenidos respecto al total nacional.....	94
5.7.5. Resultados respecto a otras instituciones educativas nacionales e internacionales.....	95
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
6.1. DISCUSIÓN.....	96
6.2. CONCLUSIONES.....	97
6.3. RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frontis de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI	5
Figura 2. Plano de ubicación de la Facultad de Ingeniería Ambiental	5
Figura 3. Números del Cambio Climático en el Perú.....	13
Figura 4. Representación del efecto Invernadero.....	16
Figura 5. Balance anual de energía de la Tierra	17
Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de fuente	21
Figura 7. Distribución porcentual de las fuentes de emisión de GEI en el Perú.	22
Figura 8. Vistas de la subestación de la facultad de ingeniería ambiental.....	49
Figura 9. Plano de ubicación de la facultad de ingeniería ambiental y su subestación	50
Figura 10. Diagrama de carga diario potencia y energía activa.....	51
Figura 11. Diagrama de carga diario potencia y energía activa comparativa	52
Figura 12. Diagrama de carga semanal potencia activa y reactiva	53
Figura 13. Distribución de la muestra encuestada	82
Figura 14. Distribución por sexo en la encuesta	83
Figura 15. Distribución porcentual de los tipos de movilidad.....	84
Figura 16. Distribución de las emisiones calculadas respecto a la muestra relacionada al transporte	87
Figura 17. Distribución porcentual de emisiones en la FIA-UNI por fuente	88
Figura 18. Distribución porcentual de las emisiones en la FIA-UNI por Alcance	91
Figura 19. Consumo de papel Bond en la FIA-UNI durante el periodo de estudio.	108
Figura 20. Consumo de papel Cuadriculado y Bulky en la FIA – UNI durante el periodo de estudio	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de Estudiantes FIA – UNI.....	6
Tabla 2. Personal Docente de la FIA – UNI	6
Tabla 3. Metodología para el cálculo de Huella de Carbono según enfoque.....	32
Tabla 4. Comparación estándar de metodologías de cálculo de huella de carbono	33
Tabla 5. Características de los suministros de la UNI	48
Tabla 6. Cuadro de mediciones efectuadas en la subestación de facultad de ingeniería ambiental.	54
Tabla 7. Cuadro resumen de las mediciones efectuadas en la subestación de la facultad de Ingeniería Ambiental.	55
Tabla 8. Rendimiento de combustible en vehículos ³	62
Tabla 9. Factores de emisión por tipo de vehículo y kilometraje recorrido	62
Tabla 10. Cálculo de manera porcentual de la cantidad de residuos sólidos en la FIA-UNI.....	65
Tabla 11. Resultado del cálculo de emisión para el papel usado en la FIA – UNI...	69
Tabla 12. Composición de los residuos sólidos generados en la FIA – UNI.....	70
Tabla 13. Factores de emisión por tipo de plástico	71
Tabla 14. Resultados de pesos de los residuos plásticos en la FIA – UNI	71
Tabla 15. Resultados de emisión de GEI de los residuos plásticos	72
Tabla 16. Clasificación de los VRS y factores de corrección del metano	76
Tabla 17. Resultados de la emisión por Materia Orgánica de los residuos	77
Tabla 18. Cuadro resumen de las mediciones efectuadas en la Subestación de la FIA-UNI.....	78
Tabla 19. Consumo eléctrico en la FIA – UNI	79
Tabla 20. Cálculo de la emisión de GEI por consumo eléctrico en la FIA – UNI	80
Tabla 21. Principales medios de transporte utilizados para llegar a la FIA-UNI	81
Tabla 22. Características de la muestra encuestada	82
Tabla 23. Valores de Z_{α} para determinar tamaño muestral	85
Tabla 24. Resultados de la emisión por movilidad	86
Tabla 25. Resultados totales de emisión de GEI en la FIA-UNI	88

Tabla 26. Resultados de emisión por alcance.....	90
Tabla 27. Factores t para nivel de confianza de 95%.....	93
Tabla 28. Rangos de precisión de datos e intervalos correspondientes usados en GHG Protocol uncertainty tool.....	93
Tabla 29. Huella de Carbono por persona reportada por Universidades.....	95

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ser humano y su entorno se están viendo perjudicados por el llamado cambio atmosférico, generado principalmente por la emisión al ambiente de gases de efecto invernadero (GEI), entre los cuales están principalmente el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂). Si bien es cierto que el efecto invernadero es un proceso natural que, mediante la retención de calor por parte de los GEI, mantiene la temperatura del planeta a un promedio anual y global de +15 ° C que consiente el progreso de la existencia, y la mayoría de los GEI se hallan de forma habitual en la atmósfera, los niveles de aglutinación de estos gases en la atmósfera se han incrementado en los últimos años ocasionando un fenómeno anormal de efecto invernadero (Bremauntz, 2004). El dióxido de carbono (CO₂), importante promotor del efecto invernadero global, ha tenido un avance vertiginoso en su nivel de concentración desde los años cincuenta hasta la fecha, incidiendo en el nivel total de concentración de GEI en la atmósfera, y, por lo tanto, en el cambio climático como tal. (Raynal-Villaseñor, 2011)

A nivel internacional existe una preocupación por las consecuencias negativas producto del cambio climático como lo son el derretimiento de los glaciares, la acidificación de los mares, el incremento de la temperatura en el mundo, ascenso del nivel del mar, entre otros, razón por la cual diversas organizaciones han realizado estudios acerca de las dinámicas de las consecuencias de los gases invernaderos y han aumentado las exigencias del mercado internacional en búsqueda de fabricación de productos que generen la menor cantidad de GEI.

Orientados a resolver esta problemática ambiental global, se han realizado acuerdos internacionales con el objetivo de desplegar labores en todos los ambientes fructíferos que sistematicen la situación y reduzcan el número de GEI expuestos a la atmósfera.

Dentro del marco de estos acuerdos y políticas, a nivel del Perú y el mundo, se han desarrollado diferentes metodologías con el fin de cuantificar el impacto real de las dispersiones de GEI formadas por las actividades de desarrollo de distintos sectores. Entre dichos instrumentos se encuentra la Huella de Carbono (en adelante, HC), la cual puede definirse como una herramienta contable, representando el 50% de la Huella Ecológica. La HC calcula la impresión de las labores de cualquier organización en los entornos en términos del número de emisiones de GEI calculado en toneladas de CO₂ eq (Rodas-Samayoa, 2014).

El cómputo de la Huella de Carbono, si bien es cierto, no disminuye la emisión de GEI a la atmósfera, si se constituye como fundamento en la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental que permita diseñar medidas de mitigación, reducción o neutralización de emisiones de GEI generadas por una organización, productos y/o servicio. En este sentido, se elaboró la presente investigación con el objetivo de ponderar las emisiones formadas por la actividad de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería en el periodo académico 2018-1 y tomarlo como periodo base para futuros análisis de emisiones de GEI; además de recomendar medidas que permitan reducir dichas emisiones.

La presente investigación está estructurada en 6 capítulos, en el capítulo 1 se encuentran los objetivos del trabajo, en el capítulo 2 se especifican las generalidades, las cuales incluyen la descripción del área de estudio, la situación problemática, hipótesis de investigación y la justificación. En el capítulo 3 se compendia la indagación sobre los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, en el capítulo 4 se especifica los métodos usados para lograr desarrollar los objetivos planteados, el capítulo 5 donde se estudian y contrastan los resultados obtenidos del desarrollo de los objetivos y el capítulo 6 con las conclusiones más relevantes y las recomendaciones derivadas de la investigación.

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. Objetivo General

Calcular la Huella de Carbono de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Nacional de Ingeniería en el periodo académico 2018-I.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar las fuentes de consumo eléctrico relacionadas al desarrollo de actividades de la FIA-UNI.
- Identificar las fuentes de consumo de combustible fósil relacionadas al transporte de profesores, estudiantes, personal administrativo y de apoyo.
- Identificar las fuentes de generación de residuos sólidos relacionadas a la actividad de la FIA – UNI.
- Cuantificar las emisiones generadas por residuos sólidos relacionadas a la actividad de la FIA-UNI.
- Cuantificar las emisiones generadas por el consumo eléctrico y de combustible fósil.

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES

2.1. Análisis situacional del área de estudio

2.1.1. Institucionalidad del área de estudio

La Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA) viene a ser una de las 11 facultades que constituyen a la Universidad Nacional de Ingeniería, tiene tres especialidades: Ingeniería Sanitaria, Ingeniería de Higiene y Seguridad Industrial e Ingeniería Ambiental.

La especialidad de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería Ambiental se creó el 21 de enero de 1937, por medio de la Ley N° 8493.

En 1973, por Resolución Rectoral se fundó la disciplina de Ingeniería de Higiene y Seguridad Industrial.

En 1984, la Asamblea Estatutaria de la Universidad Nacional de Ingeniería instaure la Facultad de Ingeniería Ambiental compuesta por ambas especialidades mencionadas.

Por último, en el año 2011 se crea la especialidad de Ingeniería Ambiental para así conformar lo que actualmente es la Facultad de Ingeniería Ambiental y sus 3 especialidades.



Figura 1. Frontis de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI

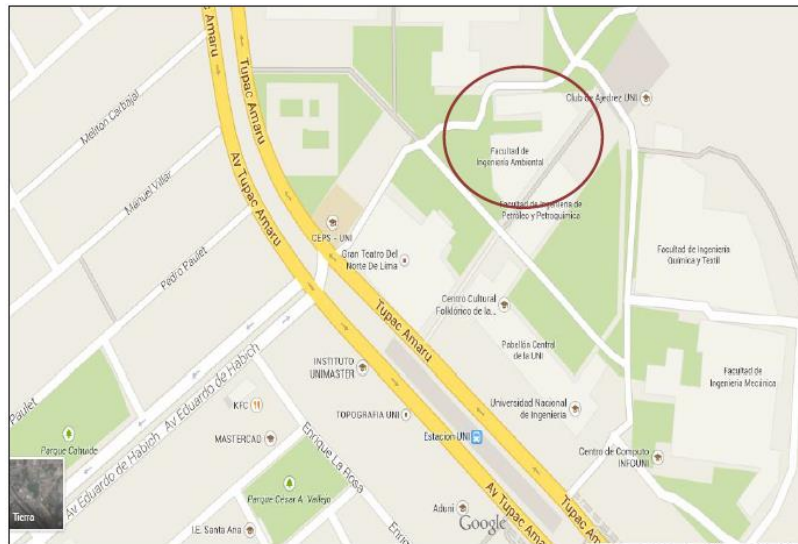


Figura 2. Plano de ubicación de la Facultad de Ingeniería Ambiental

2.1.2. Datos del Área de estudio

Los números correspondientes al ciclo 2018-1 son: los estudiantes de pregrado son 850, 125 de postgrado y, profesores, personal administrativo y de apoyo en conjunto 150. La Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA) cuenta con un área de 600m², en el cual se desarrollan todas las actividades académicas que

corresponden al desarrollo de los estudiantes de las 3 carreras profesionales de dicha facultad.

a) Estudiantes

En lo que respecta a la cantidad de estudiantes, esta fue obtenida a través de la Oficina de Estadística y Registros Académicos FIA – UNI, la cual proveyó la información de los estudiantes inscritos en el periodo 2018-1, cuyos datos se exponen en la tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de Estudiantes FIA – UNI

Especialidad	Cantidad
Ingeniería Sanitaria(Pre grado)	310
Ingeniería de Higiene y Seguridad(Pre grado)	315
Ingeniería Ambiental(Pre grado)	225
Postgrado	125
TOTAL	975

Fuente: Oficina de Estadística y Registros Académicos FIA – UNI

b) Personal docente

La cantidad de docentes de la FIA se señala en la tabla 2.

Tabla 2. Personal Docente de la FIA – UNI

Personal	Cantidad
Docentes Masculinos	100
Docentes Femeninos	25
Personal administrativo y de apoyo	25
TOTAL	150

Fuente: Oficina de Estadística y Registros Académicos

c) Turnos y horarios de enseñanza

En la Facultad de Ingeniería Ambiental, se imparten clases durante la semana, en un horario que abarca desde las 8:00am hasta las 10:00pm (horario de finalización de la última clase) de lunes a sábado. La mayor parte del personal administrativo solo labora de lunes a viernes pero hasta las 5:00 pm, mientras que el personal de mantenimiento y de apoyo académico asiste los días sábados también.

Los días domingos no se realizan actividades académicas, a excepción del Centro de Cómputo de la FIA (CETEC) donde se dictan cursos de extensión universitaria. Las emisiones generadas por esta actividad no se toman en cuenta debido a que no se da de forma regular, por lo cual, los datos no serían representativos para el cómputo de la Huella de Carbono.

2.2. Realidad problemática

En la actualidad, el calentamiento global es una de las más importantes preocupaciones de las sociedades del mundo, ya que sus graves consecuencias demandan encontrar metodologías para tener una medida de este impacto, de manera que las instituciones, empresas u organizaciones sean más conscientes y apliquen medidas correctivas o preventivas al respecto.

Entre los métodos usados durante el cómputo de este impacto está la Huella de Carbono, que según (Bórquez, 2010), puede ser definida como la apreciación de los “sellos” o “huellas” que las personas han abandonado sobre la tierra durante el desarrollo financiero sostenido en el uso de recursos naturales y la extensión de carga de sus biósferas. También se refiere a una longitud de la cuantía general de GEI dados directa o indirectamente, mencionada en palabras de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), resultado de la ejecución de labores cotidianas por acciones de enseñanza, exploración y administración.

Con base en dicha problemática y como punto de partida en la batalla frente al Cambio Climático, se da el Protocolo de Kyoto en diciembre de 1997, el cual exige a las naciones industrializadas a disminuir sus emisiones en un 5,2% en relación al nivel del año 1990, en el periodo de 2008 al 2012 (Naciones Unidas ONU, 1998)

El Servicio Nacional de Salud (NHS) del Reino Unido crea emanaciones que se elevan a más de 18 millones de toneladas de CO₂/año, que admite un 25% de las emanaciones generales del sector público en dicha nación. Igualmente, el 5% del total de dispersiones relacionadas al transporte pertenecen al NHS, esto por los viajes de empleados, enfermos e invitados, de los cuales el 83% son derivadas por carros o camionetas. En el sector alimenticio de los hospitales de la Comunidad de Madrid se concentra un gasto de combustible del 45% en conseguir las temperaturas adecuadas, 35% en luminosidad y 20% en elaboración de agua caliente higiénica. Una investigación de 15 servicios de emergencia en los Estados Unidos halló que el 75% de las emisiones procedían del diésel o gasolina usados en las ambulancias (Bambarén-Alatrística & Alatrística-Gutiérrez, 2016)

En diciembre de 2015, se aprobó el Pacto Climático en París, donde se convino conservar el acrecentamiento de la temperatura mundial por debajo de los 2 grados centígrados y, proseguir las voluntades para circunscribir el incremento a 1.5 grados por encima de las escalas preindustriales. Sin embargo, la ciencia proyecta un acrecentamiento de temperatura de entre 3 y 7 grados centígrados, que excede el límite de 2 grados reconocido por el acuerdo. Este acuerdo propone también que los países se reúnan cada cinco años con nuevos objetivos de reducción de emisiones, además del incremento de las existencias boscosas de carbono en las naciones en progreso; es decir, fortalecer la respuesta global al cambio climático sin afectar la producción de alimentos.

La combinación de todas estas fuerzas (consumo, deforestación, agricultura y alimentos, emisiones) subraya más que nunca el valor de una medida integral como la Huella Ecológica que toma en cuenta todas las demandas en competencia de la biosfera, incluidas las emisiones de CO₂ y la capacidad de nuestros bosques y

océanos para absorber el carbono (Global Footprint Network, 2018). Según esta fuente, los países que más contribuyen a la Huella de Carbono Mundial son China, Estados Unidos e India, con el 27.2%, 15.6% y 6.3%, respectivamente.

De acuerdo al IPCC (2014) como se citó en Zanetti et al (2017), la demostración de las impresiones del cambio climático en América Latina y el Caribe señala que ya son reveladores y es posible que se agudicen posteriormente. Las consecuencias en los países de América latina son múltiples, no rectilíneos y consiguen ser positivos en determinadas situaciones y etapas. Pero hay mayor demostración de impactos negativos significativos en las labores campesinas, el agua, la biodiversidad, el elevamiento del nivel del mar, los bosques, el turismo y la salud.

Se estima que los costos financieros del cambio climático en América Latina y el Caribe vinculados con el incremento de 2,5 °C de temperatura, fluctúan entre el 1,5% y el 5% del PIB (CEPAL, 2014 como se citó en Zanetti et al, 2017). El anterior autor también menciona que las zonas boscosas de América Latina tienen las condiciones necesarias para sufrir las marcas del cambio climático en sus diferentes manifestaciones: por el incremento de sucesos enormes o de mayor energía (desbordamientos, sequedad, ondulaciones de calor, ciclones), el acrecentamiento de CO₂ atmosférico, el aumento de la temperatura, la regresión de los glaciares, el incremento en la violencia de las precipitaciones, la menor cantidad de jornadas con heladas y el importante episodio de enfermedades y padecimientos.

Las modificaciones en los esquemas de lluvia y escorrentía están perjudicando de mala manera la función que presentan los bosques en las cuencas altas (disminución de la escorrentía y de la erosión) para ayudar a la excedencia y calidad del agua. De igual forma, está previsto que se acreciente el peligro de incendios forestales (por la mezcla del incremento de temperaturas y la falta de precipitaciones) y que se originen modificaciones en las plagas forestales, modificando su multiplicación y propagación. Igualmente, existen otros elementos tales como el agrandamiento del límite agrícola que está influyendo sobre los procesos de deforestación.

En el Perú, esta preocupación se ha afrontado con el desarrollo de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC), esta muestra la obligación del Estado peruano de proceder de cara al Cambio Climático de forma completa, transversal y multisectorial. Además, se han aprobado leyes y diversos decretos supremos relacionados a la disminución de emisiones de GEI y a su inventariado que buscan incentivar al sector público y privado a desarrollar prácticas ecoeficientes que generen el menor impacto sobre el ambiente. En este contexto, la universidad como institución pública, cumple un rol social muy importante para fomentar el progreso sostenible y ratificar la calidad de vida de la sociedad.

Así, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) realizó un estudio para cuantificar la HC en el año 2016, concluyendo que el total de huella resultó en 33,902.9 toneladas producidas, del cual el 91.33% corresponde al alcance 3, es decir, a emisiones indirectas (transporte de la comunidad universitaria en vehículos particulares, transporte público para asistir a la universidad, aéreo para congresos y proyectos, alimentos consumidos en comedores y el agua de la red pública) (PUCP, 2018).

En este sentido, orientado a cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, para así conocer el impacto que generan las tareas desarrolladas diariamente en el período 2018-I en la FIA, debido a las acciones de enseñanza, investigación y administración, en la presente investigación se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es la huella de carbono generada por la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería en el periodo académico 2018-1?

2.3. Planteamiento de la Hipótesis

La Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería tendrá una Huella de Carbono igual a 190 tCO₂ equivalente, asociado a todas las actividades que en ella se desarrollan.

2.4. Justificación de la Investigación

La necesidad de cuantificar las emanaciones de GEI de la Facultad de Ingeniería Ambiental, parte de la problemática sobre el calentamiento global y el cambio climático debido al aumento de la acumulación de los GEI en la atmósfera, que hacen que el mismo sea anómalo en la actualidad. Estas emisiones son generadas por realizar cualquier tipo de actividad relacionada al consumo de combustible fósil y energía eléctrica, bien sea de manera directa o indirecta, y la Facultad de Ingeniería Ambiental no es ajena a emitir estos GEI.

El cálculo de estas emisiones permitirá conocer el impacto que la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería genera y su contribución al calentamiento global. Además del cálculo de la Huella de Carbono, se recomendarán medidas de reducción a estas emisiones que podrían ser desarrolladas y ejecutadas por estudiantes de pregrado como parte de planes de investigación en ecoeficiencia dentro de la facultad objeto de estudio, se pueden considerar buenas prácticas en el uso eficiente de los equipos, la instalación de un sistema de iluminación sensorial, uso eficiente del consumo de combustibles, cambios en el sistema de iluminación, entre otros.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.2. Cambio Climático

Antes de dar una definición del cambio climático, es necesario presentar una breve definición sobre el clima. En ese sentido, a pesar de existir una diversidad de definiciones para el clima, un carácter común en estas es la atribución de un estado “medio” o “habitual” de la atmósfera. Entonces, el clima se definiría como aquello característico de la atmósfera sobre un lugar que debido a la permanencia de sus condiciones atmosféricas, son capaces de generar un medio propio (Cuadrat, 2011).

El cambio climático alude a la diferenciación global de la temperatura en el planeta. La cual procede de orígenes naturales y de la actividad antropogénica, generándose cambios a diferentes niveles de tiempo sobre todas las medidas climáticas, como temperatura, lluvias, nubosidad, entre otros (Mapama, 2015)

Pruebas de estas modificaciones son el incremento de la temperatura global, la cual, en promedio, acrecentó alrededor de 0,6 °C en el Siglo XX, así como, el crecimiento en el nivel del mar que ha crecido entre 10 a 12 centímetros (Mapama, 2015). La totalidad de dichas variaciones al clima causan sequedad, incendios forestales, ondas de calor, desbordamientos, precipitaciones tempestuosas, ciclones y distintas catástrofes naturales señalados en la tierra.

A nivel mundial existen diversas instituciones que han mostrado preocupación por el Cambio Climático Global, tales son los casos del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente, entre otros. Los cuales toman a dicho cambio como un desafío para implementar estrategias y metodologías que permitan luchar contra la preocupación que muestran las comunidades y el ambiente en su totalidad como consecuencia de éste.

Recientemente, en Perú se promulgó la Ley Marco de Cambio Climático que permitirá mitigar y prever los resultados de las huellas del cambio climático. La

siguiente figura muestra el efecto del Cambio Climático en el contexto peruano. En la figura 4, se observa en números el impacto del Cambio Climático en Perú de acuerdo con el Ministerio del Ambiente en su informe de 2016.

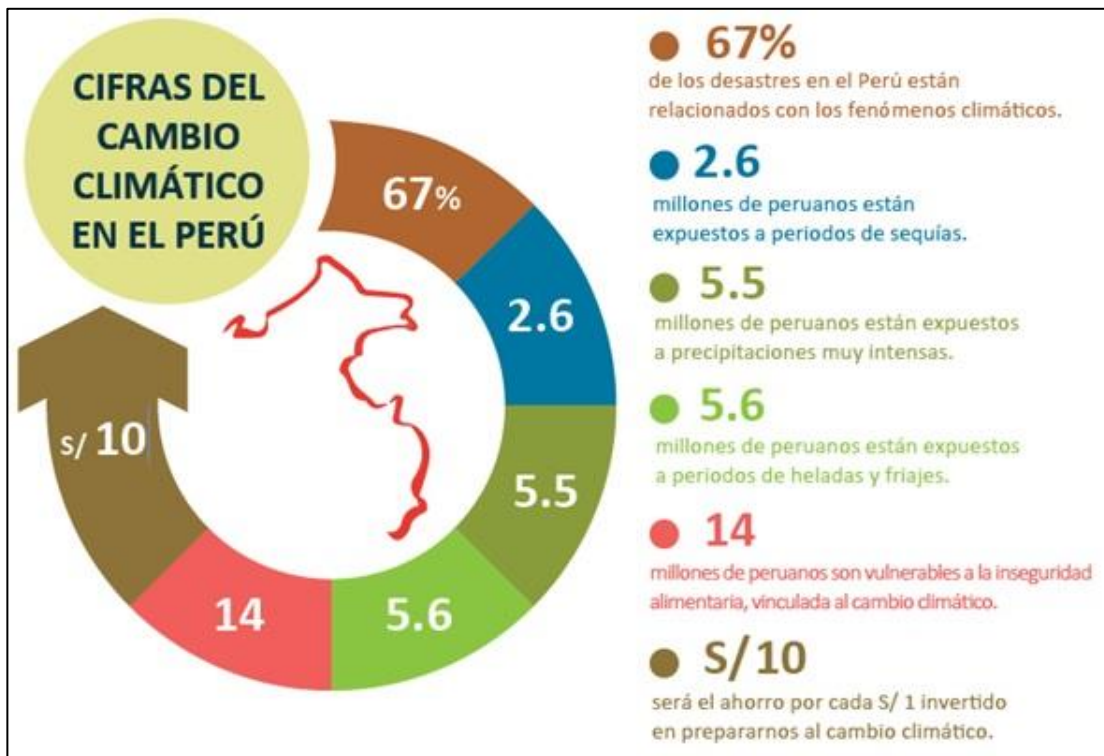


Figura 3. Números del Cambio Climático en el Perú.
Fuente: Ministerio del Ambiente – Cambio Climático (2016)

3.2. Efecto Invernadero

A partir de su comienzo, la tierra ha sufrido múltiples modificaciones. Así lo muestran, por ejemplo, las nombradas eras geológicas, con grandes evoluciones en la ordenación del globo terráqueo, y la transformación de las especies a partir del apareamiento de la existencia en la Tierra (Rodríguez-Becerra & Mance, 2009). Para Plass (1959) citado por Eugene (1972), durante los últimos 60 millones de años la tierra presenta un estado permanente oscilante entre las concentraciones de CO₂ y O₂, específicamente las oscilaciones de CO₂ iban acompañadas de calentamientos y enfriamientos alternos de los climas. No obstante, el vertiginoso paso de cambio

climático que hoy se observa no posee origen natural. El IPCC testifica que su principio reside en la acción humana, con una certeza científica superior a 90%.

Una de las primeras investigaciones que dan pie a los efectos de la actividad humana sobre la atmósfera, y en consecuencia al llamado cambio climático, es la realizada por los Premio Nobel de Química, el Dr. Mario Molina y el Dr. Sherwood Rowland, quienes investigaron el destino y actividad de los Clorofluorocarbonos (principalmente CF_2Cl_2 y CFCl_3 , frecuentemente abreviados como CFC's) liberados a la atmósfera. Los resultados de la investigación de Molina y Rowland (1975) fueron un hito para la comunidad científica, civil e industrial, dado que concluyó que los CFC's permanecían por largas décadas en la atmósfera liberando radicales de cloro, los cuales se encargaban de destruir cien mil moléculas de ozono por cada átomo de cloro producido por los CFC's. De esta manera, se produce el agotamiento de la capa de ozono (Agujero de ozono), la cual contribuye con la regulación de la temperatura e indirectamente con el clima terrestre.

En consecuencia, en 1987 se estableció el Protocolo de Montreal sobre las Sustancias que Destruyen la Capa de Ozono, a partir de ese momento se fue reforzando con el pasar de los años, en términos generales el protocolo contempla la reducción de la producción y consumo de CFC, tetracloruro de carbono y metil cloroformo (Protocolo de Montreal, 2000). El establecimiento de este protocolo permitió que surjan compuestos sustitutos a los CFC, como son los hidrofluorocarburos (HFC) y los hidroclorofluorocarburos (HCFC) que contienen uno o más enlaces C-H, lo cual hace que sean susceptibles al ataque de radicales OH en la atmósfera inferior. Esto permite que aunque los HCFC contengan cloro, éste no se transporte a la estratosfera disminuyendo su impacto en la capa de ozono (Davis-Masten, 2005). Además de impactar en la capa de ozono, los CFC contribuyen al efecto invernadero, teóricamente son más de 10000 veces más efectiva que una molécula de CO_2 en su aporte al calentamiento del planeta (PNUMA, 1993).

El Efecto Invernadero no es un tema que ha surgido a partir de la creciente preocupación por el Cambio Climático; por el contrario, fue revelado por Joseph Fourier en 1824, con las experimentaciones creíbles y ejecutadas por John Tyndall durante 1858, conseguido de forma cuantitativa por Svante Arrhenius en 1896, al comprobar el vínculo del incremento de CO₂ con el acrecentamiento de la temperatura (Melo-Castillo, 2018).

Efectivamente, la tierra precisa el efecto invernadero, porque es una sucesión de hechos naturales, donde la exposición de la radiación infrarroja por la atmosfera caldea la parte externa del planeta. Casi la mitad de la radiación solar que entra a la atmósfera ingresa la superficie de la tierra, entretanto la diferencia es irradiada por la atmósfera y regresada al espacio o aspirada por vapores y trizas de polvareda. La energía solar que logra la parte externa del planeta calienta el suelo y los mares, que, a su vez, libran calor en la forma de radiación infrarroja (Rodríguez-Becerra & Mance, 2009)

Lo anterior indica que de forma natural, la atmosfera opera como una frazada aislante, quien agarra bastante energía de onda corta expulsada por la superficie de la tierra y conserva así un promedio de temperatura global, en un nivel cómodo que sostenga la vida.

La atmosfera es un depósito de diversos gases atmosféricos, tales como N₂ con un 78%, O₂ con un 21% y una composición de otros compuestos químicos, encontrándose en ella el CO₂, con 1% (Pérez-Palmar, 2017).

Dichos gases son comparativamente cristalinos para la luz procedente del sol, y lo bastante turbios y así detener la energía difundida por la superficie terrestre. Razón por la cual la atmósfera terrestre no presenta temperaturas muy altas en el día ni considerablemente bajas en la noche, en su lugar, la atmosfera tiene moléculas que aspiran y difunden el calor a todos los lugares, minimizando el calor desperdiciado. (Casper, 2010)

Así, los GEI logran mantener una temperatura estable a la atmosfera terrestre, lo que significa que si estos gases no existieran, el progreso de la vida en el planeta no podría ser posible. (Pérez-Palmar, 2017) En la figura 4, se contempla cómo los vapores de efecto invernadero ayudan a impedir que la extensión de onda infrarroja surja, causando un incremento de temperatura.

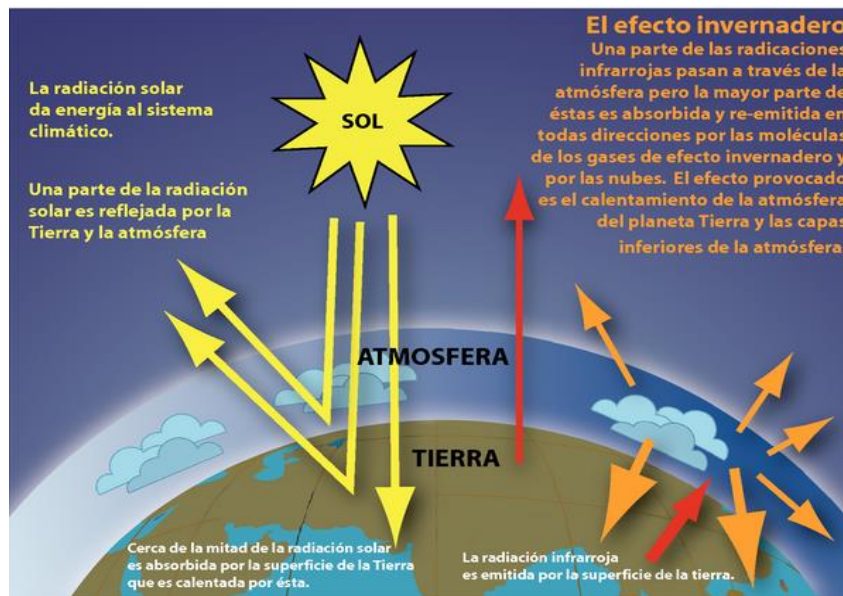


Figura 4. Representación del efecto Invernadero
Fuente: (IPCC, 2007)

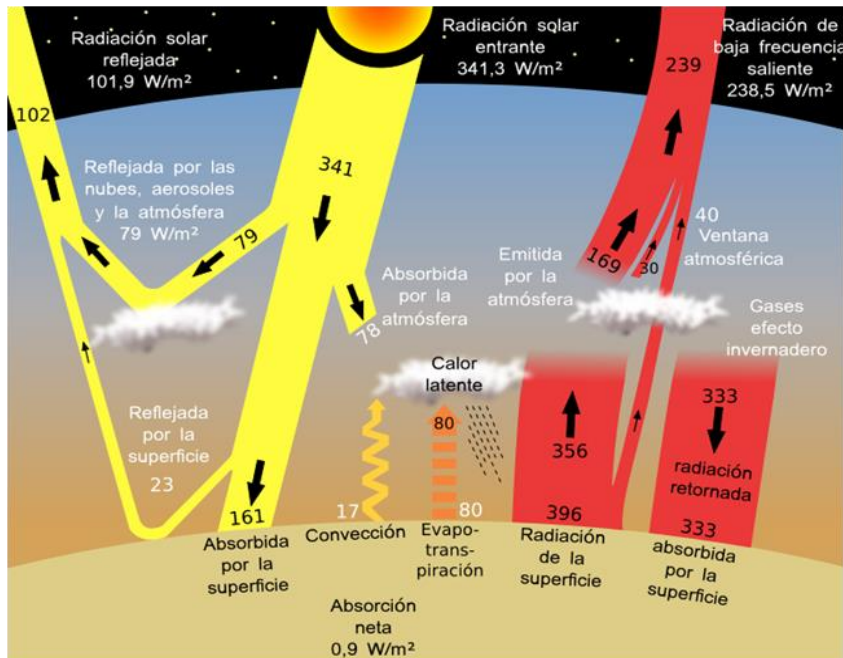


Figura 5. Balance anual de energía de la Tierra. Desarrollado por Trenberth, Fasullo y Kiehl de la NCAR en 2008. La superficie de la Tierra recibe del Sol 161 w/m² y del Efecto Invernadero de la Atmósfera 333w/m², en total 494 w/m², como la superficie de la Tierra emite un total de 493 w/m² (17+80+396), supone una absorción neta de calor de 0,9 w/m², que en el tiempo actual está provocando el calentamiento de la Tierra. Fuente: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN)

3.3. Gases de Efecto Invernadero

Se designan gases de efecto invernadero, GEI, a los vapores que existen en la atmósfera y hacen viable el efecto invernadero, de allí que admiten que la temperatura terrenal se conserve dentro de un nivel tolerable para la vida. (Amestoy, 2010)

Grandes fracciones de los principales GEI se originan naturalmente pero el incremento de su densidad en la atmósfera a través de los últimos veinte años es motivado por acciones humanas. Estos vapores absorben la radiación solar deteniendo la liberación de calor fuera de la atmósfera, devolviéndolo a la superficie.

Según la Comisión Europea para el Medio Ambiente (2006), el gas más importante de invernadero concebido por las acciones humanas es el dióxido de carbono (CO₂). Este constituye cerca del 75 % del total de emisiones de gases de efecto invernadero

en la tierra, es decir, del conjunto de GEI que se esparcen a la atmósfera en los gases y humaredas originarios de tubos de escape, chimeneas, quemas y otras fuentes. El dióxido de carbono se suelta esencialmente al quemar combustibles fósiles así como el carbón, el petróleo o el gas natural. Y los combustibles fósiles continúan siendo la fuente de energía más empleada: son quemados para generar electricidad y calor y se usan como combustible en los carros, barcos y aeronaves.

Los GEI de dilatada existencia (GEILV), como el CO_2 , el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), son químicamente constantes y se mantienen en la atmósfera a través de años, siglos o más, de forma que sus irradiaciones ejecutan su contribución en el clima a largo plazo. De acuerdo, a su prolongada existencia, estos gases se combinan apropiadamente en la atmósfera, más vertiginoso de lo que se descartan, y los datos de sus aglutinaciones universales se logran computar con precisión solo en algunos lugares. El dióxido de carbono no presenta un tiempo determinado de vida, ya que existe en ciclo incesante con la atmósfera, los mares y el medio ambiente terrestre a través del ciclo del carbono y su expulsión completa de la atmósfera implica una serie de procesos con niveles de tiempo desiguales.

Los de vida corta (como, el dióxido de azufre y el monóxido de carbono) son químicamente capaces de provocar reacciones en otras sustancias y se descartan frecuentemente, a través de métodos naturales de oxidación en la atmósfera, liquidándolos en la superficie o gracias a las lluvias, de allí que su densidad es muy inconstante en la atmosfera. El ozono es un gas de efecto invernadero significativo que se crea y arruina por respuestas químicas que envuelven a otras variedades en la atmósfera. En la troposfera, el ser humano interviene sobre el ozono especialmente a través de modificaciones en los gases predecesores que llevan a su creación, mientras que en la estratosfera, el ser humano interviene principalmente por medio de modificaciones en los índices de supresión del ozono producidos por los clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias que liquidan el ozono (IPCC, 2007). La mayor parte de los CFC producidos en el mundo se utilizan en refrigeradores, congeladores, acondicionadores de aire, aerosoles y plásticos

expansibles, que tienen diferentes usos en el sector construcción, automotriz, fabricación de envases, la limpieza y funciones similares (PNUMA, 1993).

Dada esta situación, el Protocolo de Montreal (2000) define los criterios para la reducción del consumo y producción de las sustancias que agotan la capa de ozono para que las Partes hagan seguimiento y control a estas sustancias (CFC, Halones, tetracloruro de carbono, metilcloroformo, entre otros).

El protocolo de Kyoto (1997) menciona que es preciso vigilar las irradiaciones de seis de los gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo a los efectos de sus presencias en la atmósfera. Esta medida tuvo como fin, combatir el cambio climático nombrado anteriormente.

Los gases a inspeccionarse son:

- Vapor de agua
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorcarbonos (HFCs)
- Perfluorcarbonos (PFCs)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

3.3.1. Emisiones globales por tipo de fuente

En el trabajo hecho por la IPCC en el 2007, la distribución de la emisión de los GEI igualmente es separada por ejemplo de actividad o fuente, así:

Suministro de energía: la quema de cartón, vapor natural e hidrocarburo para la energía eléctrica son las fuentes de emanación de GEI.

Industria: esta división contiene la quema de inflamables para energía propia, también de emisiones de áreas como la metalúrgica, química y minera.

Uso del suelo y silvicultura: Principalmente en esta sección se hallan emanaciones de CO₂, derivadas de la dispersión causada por la deforestación, progreso del límite agrícola e incendios.

Agricultura: Las emanaciones de dicha labor, principalmente proceden del empleo de tierras agrícolas, ganado, elaboración de arroz y quema de biomasa.

Transporte: Las emanaciones de esta división proceden de la quema de carburantes fósiles para toda clase de transporte, aéreo, marítimo y terrestre, con combustibles como gasolina y diésel.

Edificios residenciales y comerciales: Las emanaciones de esta área proceden de la energía formada en el sitio, y quema de combustible para creación de calor o para la preparación de alimentos.

Residuos y aguas residuales: Grandes números de emanaciones en esta división viene dada por el metano (CH₄), en los sumideros y en las aguas excedentes.

En la figura 6, se ponen de manifiesto las clases de fuentes mencionadas inicialmente en porcentajes.

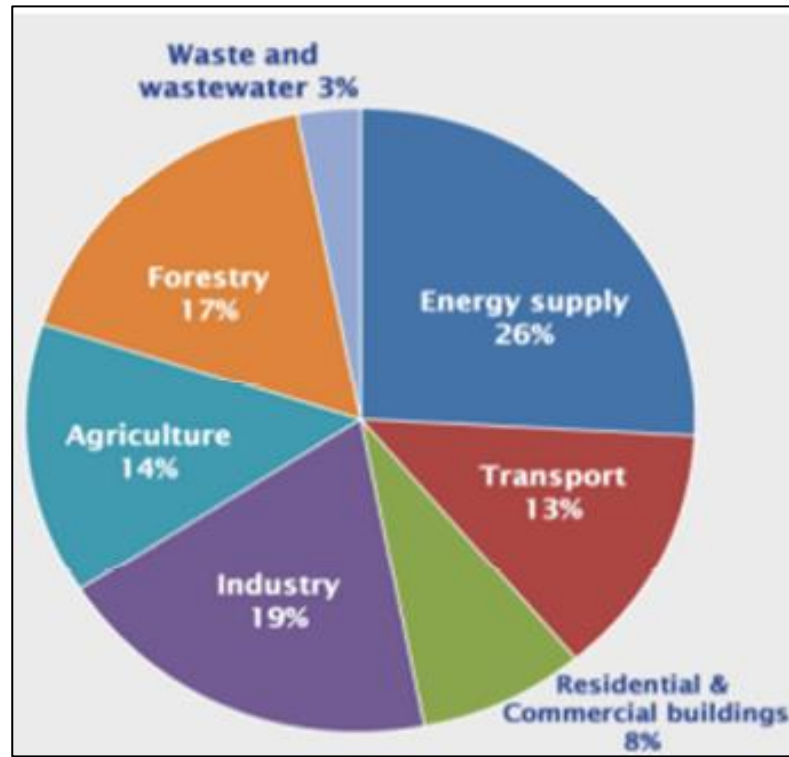


Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de fuente

Fuente: (IPCC, 2007)

En la imagen anterior, se contempla cómo el abastecimiento de energía posee mayor emanación de GEI, con un 26%.

3.3.2. Emisiones de gases de efecto invernadero en Perú

Durante el 2010, se efectuó el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero como parte de la obligación de notificar cada cierto tiempo las emanaciones a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Este Inventario dio a conocer como primera fuente de emanaciones de GEI, a escala nacional, a la transformación de selvas y pasturas, entendida como la

modificación de uso de suelo, y a la que se culpa de la deforestación de la Amazonía para aumentar las tierras agrícolas.

La siguiente principal fuente de emanaciones le pertenece al área de energía, constituyendo la tarea principal, el transporte terrestre. Esto debido al uso de combustibles fósiles. La tercera clase que ayuda al general nacional de emanaciones de GEI viene dada por agricultura, con un par de fuentes significativas: fermentación entérica y suelos agrícolas por emisión de N_2O .

La cuarta clase de aportación está representada por los procesos manufactureros, cuya fuente primordial es la fabricación de metal originario de las emanaciones de elaboración de hierro y acero (MINAM, 2010).

En la Figura 7, se presenta la repartición de las fuentes de las emanaciones de GEI en el Perú para el año 2010.

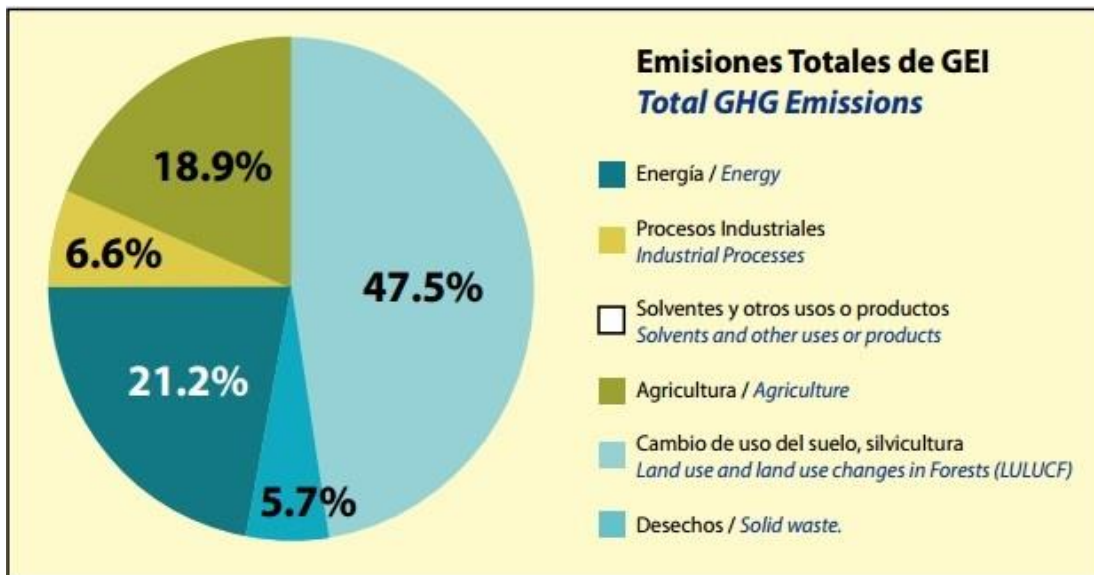


Figura 7. Distribución porcentual de las fuentes de emisión de GEI en el Perú.

Fuente: MINAM (2010)

Durante el 2012 se realizó un nuevo inventario de emisiones en el que se observó la misma tendencia que para el año 2010, donde el empleo de la superficie y silvicultura constituyó el 51.0% de las emanaciones (un aumento de 3.5%) siendo la principal fuente de emisiones; en segundo lugar se mantuvo el sector energía con 26.0% representando un aumento de 4.8%, la agricultura mostró un porcentaje de 15.0% siendo un sector que disminuyó sus emisiones en 3.9%; los espacios de desechos y procesos manufactureros también mostraron disminuciones de emisiones en 0.7% y 3.6% respectivamente (MINAM, 2016)

En este marco, y asumiendo su compromiso ambiental, a partir del 5 de noviembre del 2019 en el Perú entra en vigencia el Protocolo de Montreal (2000) relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, el cual define los criterios para reducir el consumo y la producción de estas sustancias; los cuales también son causantes de efecto invernadero.

3.4. GHG Protocol

El Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GEI) se realizó durante 2001 por el Consejo Mundial de Negocios por el Desarrollo Sustentable (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) y por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute, WRI) que posee el fin de constituir fundamentos para cuantificar las emanaciones de los GEI.

Este protocolo, es resultado de una cooperación multilateral entre compañías, organismos no-gubernamentales y gobiernos (WRI, 2004). La decisión tiene el respaldo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (United States Agency for International Development, USAID) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, USEPA).

El mismo se presenta con un cuadro metodológico general que brinda patrones de labor para la definición de instrumentos de cómputo de emanaciones de GEI. Éste

ha conseguido un alto grado de aceptación a nivel universal y surge como una importante guía, unida con los patrones ISO 14064. Asimismo, de establecerse como modelo en términos de tendencias globales. Para Panley et al (2010) como se citó en Fernández-Reyes (2015), la reputación y el reconocimiento del protocolo GEI, y evidentemente su naturaleza de facilidad de las aplicaciones, ha precisado la victoria y gran exigencia de las mismas.

3.5. Marco Legal e Institucional de GEI

Desde el momento que Perú confirma la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático en 1993, se ha comenzado la edificación del marco institucional y legal para la tarea del cambio climático en la nación, de allí que, durante 1993 se funda la Comisión Nacional en relación a los cambios climáticos, quien originalmente fue conducida por el Ministerio de Relaciones Exteriores, luego en aquel tiempo, por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), y desde el 2008, por el Ministerio del Ambiente (MINAM), fundado en ese año. En el 2009 el MINAM planteó y tuvo la transformación de la mencionada delegación, renovando su configuración y logros, denominada “Comisión Nacional sobre el Cambio Climático”.

Los años 90 y los años anteriores a la fundación del MINAM fueron una indispensable etapa inicial de promoción a la institucionalidad ambiental en la nación, que consintió, luego, fortificar el tratamiento del cambio climático, y la enunciación de políticas, pautas y dimensiones orientadas de manera manifiesta en la tarea del cambio climático.

3.5.1. Ley General del Ambiente

La ley 28611: constituye las nociones y pautas fundamentales para consolidar la segura acción del derecho a un entorno sano, armonioso y conveniente. Instituye como un deber el ayudar al acatamiento de una segura tarea ambiental, y de resguardar el entorno y sus elementos, con el propósito de optimizar la calidad de vida de la ciudad y conseguir el progreso sostenible de la nación.

Acuerda suministrar decisiones de ajuste y amortiguamiento para excluir o inspeccionar los orígenes que crean la degeneración ambiental.

3.5.2. Política Nacional del Ambiente

Herramienta de organización más general en factor ambiental y engloba a las políticas sectoriales, locales y nacionales. Plantea entre sus propósitos conseguir la preparación de la ciudad de caras al cambio climático e instituir decisiones de amortiguamiento, encaminadas al perfeccionamiento sostenible.

3.5.3. Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA 2011 – 2021

Herramienta de organización nacional de dilatado término que comprende los fines y operaciones preferentes en materia ambiental al 2021.

El tema de cambio climático instituye como fin: disminución total de la tasa de deforestación en 54 millones de hectáreas de bosques principales bajo diferentes clases de clasificación geográfica ayudando, juntamente con nuevas decisiones, a comprimir el 47.5% de emanaciones de GEI en la nación, creados por la modificación de empleo de la tierra; así como a reducir la debilidad de caras al cambio climático.

3.5.4. Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021

Primer Plan Estratégico de Desarrollo Nacional donde se precisan seis bases valiosas o direcciones nacionales de avance que tendrá que perseguir el Perú en la siguiente década.

El eje estratégico 6: Recursos naturales y ambiente, instituye el ajuste al CC como una de sus cinco primacías. Despliega fines determinados, guías, propósitos y ejercicios estratégicos en proporción.

3.5.5. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental

Ley 28245: Ley que forma el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) con el fin de situar, completar, conjugar, controlar, valorar y avalar la aplicación de las políticas, métodos, eventos y labores determinadas al amparo del ambiente y ayudar a la conservación y beneficio sostenible de los recursos naturales.

Instituye, entre otros, el esquema y orientación interactiva de maniobras nacionales para la ejecución gradual de los deberes derivados del CMNUCC.

3.5.6. Ley Marco sobre Cambio Climático

Ley 30754: Posee como propósito instaurar los fundamentos, perspectivas y prácticas generales para combinar, estructurar, delinear, elaborar, reportar, vigilar, valorar y divulgar las políticas públicas para la administración completa, cooperativa y diáfana de las disposiciones de ajuste y atenuación al cambio climático, con el objetivo de minimizar la debilidad de la nación al cambio climático, beneficiarse de las coyunturas del incremento bajo en carbono y concluir con las responsabilidades internacionales obtenidos por el Estado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con visión intergeneracional.

La Ley Marco sobre el Cambio Climático se administra bajo las nociones de la Ley 28611, Ley General del Ambiente; la Ley 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental; la Política Nacional del Ambiente, admitida por el Decreto Supremo 012-2009-MINAM; la Convención Marco de Naciones Unidas en relación al Cambio Climático, aceptada por la Resolución Legislativa 26185; y los razonamientos subsiguientes:

Principio de integración. El gobierno esboza y compone disposiciones de atenuación y ajuste al cambio climático a las herramientas de organización y

prospectiva del Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico y planes de inversión pública del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Principio de transversalidad. La mediación del Estado de cara al cambio climático es colateral y requiere de la participación de todos los niveles. Es planeada con participación de los diferentes grupos y participantes, agregando un enfoque completo y provocando la contribución de la fracción privada, la sociedad civil y poblaciones nativas o naturales, a fin de brindar contestaciones multidimensionales y acopladas.

Principio de subsidiaridad. Las capacidades y actuaciones que posean las entidades públicas en cada estrato de gobierno en asunto de cambio climático se organizan para una entrega de servicios más eficaz y adyacente al residente.

Principio de rendición de cuentas. El personal superior capacitado en la administración completa del cambio climático, y los organismos públicos y privados que gestionan recursos financieros para el ajuste y atenuación del cambio climático entregan cálculos ante los medios públicos de vigilancia horizontal y la ciudadanía, informando los resultados de tales entregas en su portal web.

Principio de transparencia. El gobierno tiene la obligación de colocar a disposición toda información de naturaleza pública vinculada con el cambio climático, honrando el derecho de todo individuo de consentir conveniente y pertinentemente a tal información sin obligación de solicitar excusa o utilidad que cause tal aviso. El Estado rinde balances de su administración con arreglo a las pautas acerca del asunto e indaga toda acción ilegal, anunciando los resultados, salvo las singularidades que plantea la ley de la materia.

Principio de participación. Todo individuo posee el derecho y deber de colaborar de forma responsable en los términos de toma de resoluciones de la administración completa del cambio climático que se acojan en todos las escalas

de administración. Por ello, el gobierno avala una colaboración pertinente y segura, tomando en cuenta las orientaciones de interculturalidad y especie.

Principio de gobernanza climática. Los métodos y manejos públicos de ajuste y atenuación al cambio climático se edifican de forma tal que sea viable la colaboración segura de los participantes públicos y privados en la toma de medidas, la conducción de problemas y la edificación de acuerdos, fundamentados en deberes, fines y propósitos visiblemente determinados en todas las escalas de gobierno.

Principio de prevención. El Estado promueve políticas y acciones orientadas a prevenir, vigilar y evitar los impactos y riesgos del cambio climático. En el momento que no se puedan descartar los orígenes que la crean, se acogen las decisiones de atenuación y adaptación que conciernan, y así garantizar la salud, la vida de los hombres y la protección del entorno.

3.6. Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es una formalidad de la Convención Marco de las Naciones Unidas acerca del Cambio Climático (CMNUCC), es un pacto mundial que posee por finalidad aminorar las emanaciones de seis gases de efecto invernadero que producen el calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), también de tres gases manufactureros fluorados: Hidrofluorcarbonos (HFC), Perfluorcarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje de al menos un 5%, dentro del tiempo que comprende los años 2008 al 2012, y comparando a las emanaciones del año 1990. (Protocolo de Kyoto, ONU, 1998)

El protocolo fue originalmente acogido el 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón, y entró en vigencia en Perú el 16 de febrero de 2005 mediante Resolución Legislativa N° 27824 y en 2014 el Gobierno peruano confirmó la corrección de Doha al Protocolo de Kyoto, que fuera acogida en la 18ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, elogiada en el 2012 en

Qatar. Lo anterior se realizó como parte de su compromiso bajo la CMNUCC, con lo que se ha amparado el Plan de Acción Nacional sobre Cambio Climático.

3.7. Huella de Carbono

Una gran parte de la comunidad de la asociación científica y una cantidad progresiva de conjuntos sociales, industriales y gubernamentales de las numerosas naciones han admitido las certezas de que el cambio climático es causado por las acciones humanas, obteniendo como conclusión que éste forma uno de los grandes retos ambientales que podría interferir en la vía hacia el progreso sustentable en esta época (WRI, 2008).

Asimismo, es considerablemente admitido que el origen de tal anomalía se hallaría en las grandes densidades atmosféricas de GEI, estas habrían sido culpables del acrecentamiento de la temperatura global de la tierra (IPCC, 2007). El Panel Intergubernamental respecto al Cambio Climático con sede en Ginebra-Suiza, ha señalado que el peligro del cambio climático es riguroso y que su impresión acrecentará marcadamente con un aumento de las temperaturas en 2 °C por encima de las reconocidas en el período preindustrial (EPA, 2006).

El cambio climático no solamente forma un inconveniente ambiental sino, además, una dificultad de progreso, con gran potencial de conmoción en la humanidad, la economía y la naturaleza. La discusión acerca del cambio climático se ha propagado al comercio internacional y, es dirigido por las naciones con responsabilidades de composición de emanaciones.

Para De La Torre et al (2009) como se citó en Ortiz (2012), el interés que ha generado el tema del cambio climático, es causado esencialmente por la inquietud de las naciones involucradas por las posibles caídas en la competencia de sus fabricantes, quienes estarían compitiendo con varios comerciantes con mínimos costos de exposición que no han tomado compromisos climáticos.

En el caso de las naciones en caminos de progreso, como en el caso de Latinoamérica, un modelo exportador más coherente con las deseos del progreso

sostenible, pide a los fracciones productivas adelantar velozmente en los procesos de cuantificación y de mengua de las consecuencias climáticas, con el propósito de proteger y fortificar su presente enfoque competidor (Schneider & Samaniego, 2010)

Según lo expresa Valderrama et al (2011), dicho escenario ha inducido el advenimiento de actuales argumentos en la agenda comercial, siendo la Huella de Carbono (HC) quien ha tenido una mayor preeminencia. La HC, es usualmente conceptualizada como la cuantía de GEI emanadas a la atmósfera, originarios de las acciones de fabricación o gasto de bienes y servicios, y se ha convertido en un modelo de competencia.

Dicho indicador, ha estimulado que diversos argumentos vinculados con las emanaciones, tales como el escape del carbono, el estudio del ciclo de vida en el encadenamiento productivo y comercial, y los compromisos alrededor al balance completo del carbono tomen importancia en el espacio internacional. Esa relevancia se ve expresada en los mandatos de las naciones implicadas con el tema ambiental, motivando a los países subdesarrollados a que tomen compromisos parecidos. Dicho asunto ha causado la ejecución de decisiones tales como los gravámenes al carbono, los eventos de intercambio de derechos de emisión, las barreras tecnológicas limpias, los requerimientos de eficacia energética y la inspección de emanaciones de GEI (Clement & Lenne, 2010 como se citó en Valderrama et al, 2011).

Este escenario ha conducido, asimismo, a diversas instituciones públicas, privadas y por cierto a la potestad académica, a debatir y plantear métodos y medidas para contar y exponer impresiones ambientales de la fabricación y/o la utilización de bienes y servicios, así como las emanaciones colectivas de los GEI, por medio de la HC. No obstante, la HC, a pesar de tener un comienzo conocido en la Huella Ecológica de Wackernagel & Rees (1995) como se citó en Leiva et al (2010), tiene hoy en día muy diversas interpretaciones.

Carballo et al (2008) expresa que las diversas interpretaciones del cómputo de la Huella de Carbono ha conducido al progreso de los métodos de cómputo muy distintos, escenario que crea una polémica de cara a una lista que posee mucha notoriedad, pero que se define en función a la actividad específica a la que se aplique.

3.8. Metodología para cuantificar Huella de Carbono

Luego de la promulgación del protocolo de Kyoto, se conformó un Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) cuyas sede está en las Naciones Unidas. Este grupo estableció las metodologías para cuantificar la emisión de GEI por actividades productivas y así cada país dimensionaría la Huella de Carbono que presenta. Estas metodologías tienen niveles de precisión (con datos de fuentes primarias y secundarias), además permiten establecer las líneas bases de procesos productivos y posteriormente emplearse en los balances comparativos con planes que se usan en mecanismos de desarrollo limpio (MDL o CDM en sus siglas en inglés).

Así también para validar el correcto uso de las metodologías la ISO presentó la norma ISO 14064 la cual verifica y valida el correcto uso de las metodologías y esto puede ser avalado por una entidad certificada a fin de que aprueben los proyectos MDL.

3.9. Metodologías para determinación de la Huella de Carbono

Según Mondéjar et al (2011) como se citó en Común & Saavedra (2017), actualmente está teniendo relevancia la dificultad ambiental relacionada al calentamiento global, por lo que diferentes agrupaciones y gerencias han creado bases de datos y métodos determinados para el cálculo de las emanaciones de GEI y el cómputo de la Huella de Carbono, con el propósito de reconocer los procedimientos de acción convenientes y legalizar el acatamiento de los requerimientos de Kyoto.

Vilches et al (2015) señala que en este momento hay dos orientaciones metodológicas para el cómputo de la Huella de Carbono, los cuales se definen tomando en cuenta la dirección que se le dé: hacia la empresa (organización) y el producto. El uso de cualquiera de los métodos en específico, obedece a la orientación que se pretenda proporcionar al cálculo y el entorno donde se desarrolle el cálculo (Brito, 2011). En la tabla 3 se describen las metodologías disponibles.

Tabla 3. Metodología para el cálculo de Huella de Carbono según enfoque

ENFOQUE	HERRAMIENTA	TÍTULO
CORPORATIVO (ORGANIZACIÓN)	GHG Protocol	Estándar corporativo de contabilidad y reporte de GHG Protocol
	ISO 14064-I	Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero
	ISO 14069	Cuantificación y reporte de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de productos y servicios
PRODUCTO	PAS 2 050:2011	Especificaciones para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero de ciclo de vida de productos y servicios
	PAS 2 060: 2010	Especificaciones para la demostración de la neutralidad de carbono
	ISO 14067	La huella de carbono de los productos - requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación
	GHG Protocol	Estándar de ciclo de vida de producto de contabilidad y reporte de GHG Protocol

Fuente: Barrientos & Molina (2014)

Vale la pena destacar, que los métodos más usados a nivel mundial y que señalan al cómputo de la huella de carbono para compañías son: Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol, 2002) Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI y la norma ISO 14064. En la tabla 4. Se hace un cotejo entre ambos métodos.

Tabla 4. Comparación estándar de metodologías de cálculo de huella de carbono

COMPARATIVA TÉCNICA CORPORATIVA	GHG Protocol	ISO 14064
LÍMITES ORGANIZATIVOS	Nos da una guía para establecer los límites, pero no tiene recomendaciones.	Brinda una aproximación por instalaciones y recomienda límites de control operacional.
LÍMITES OPERACIONALES	Diferencia entre Alcance 1 (obligatorio), Alcance 2 (obligatorio) y Alcance 3(recomendable). Aporta una guía sobre qué reportar.	Diferencia entre emisiones directas (obligatorias) e indirectas (algunas obligatorias-Alcance 2 y otras recomendables-Alcance 3). Aporta indicaciones sobre qué reportar.
IDENTIFICACIÓN Y CÁLCULO DE EMISIONES DE GEI	Dispone de herramientas de apoyo disponibles en su web para el cálculo de las emisiones.	No dispone de herramientas de apoyo, pero es más explícita en la selección y desarrollo de los cálculos.
INFORME O REPORTE DEL INVENTARIO DE GEI	Se centra en la transparencia y en la aportación de información al público	Se centra en las necesidades de los usuarios definidos por la organización.
HERRAMIENTAS	Tiene herramientas, y son muy prácticas.	No tiene herramientas.

Fuente: Elaboración propia

3.9.1. Protocolo de GEI – estándar corporativo de contabilidad y reporte (ECCR)

La iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero es un acuerdo multipartidario de compañías, instituciones no gubernamentales (ONGs), direcciones y otros organismos, llamada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) (Viteri, 2013).

En el marco de esta iniciativa se generaron dos tipos de estándares:

- El estándar corporativo de Contabilidad y Reporte del protocolo de GEI.
- El estándar de cuantificación de planes del protocolo de GEI.

El Estándar Cororativo de contabilidad y Reporte (ECCR) brinda modelos y tendencias para compañías y algunas instituciones interesadas en realizar un balance de emanaciones de GEI. Envuelve el balance y la información de los seis GEI advertidos en el Protocolo de Kioto -dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (WBCSD-WRI, 2004).

Con el fin de ayudar a diseñar las fuentes de emanaciones directas e indirectas, optimizar la claridad, y suministrar utilidad para diferentes tipologías de instituciones y de políticas de cambio climático y fines corporativos, se precisan tres "alcances" para fines de novedad y balance de GEI (alcance 1, alcance 2 y alcance 3) que reconocen los tipos de emanaciones estimadas dentro del cómputo (directo, indirecto de creación y otras indirectas) los cuales serán tomados como base para la elaboración del cómputo de la huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Ambiental-UNI (WBCSD-WRI, 2004).

Se refieren así:

- **Alcance 1**; las emanaciones directas suceden de fuentes que son posesión de o son vigiladas por la compañía. Por ejemplo, emanaciones derivadas de la ignición de calentadores, cocinas, automóviles, etc.
- **Alcance 2**; contiene las emanaciones de la producción de electricidad conseguida y agotada por la compañía. Electricidad obtenida se precisa como consumo de electricidad.
- **Alcance 3**; es una clase alternativa de información que admite contener el resto de las emanaciones indirectas. Las emanaciones del alcance 3 son resultados de las labores de la compañía, sin embargo, suceden en fuentes que no pertenecen ni están inspeccionadas por la compañía u organización. Algunos tipos de actividades del alcance 3 son el sacar y fabricar tangibles logrados; el

envío de combustibles obtenidos; y el empleo de productos y servicios adjudicados (WBCSD-WRI, 2004).

Ambrós et al (2012) menciona que dicho estándar se delineó especialmente desde el enfoque de las compañías implicadas en el progreso de un inventario de GEI. Sin embargo, es indistintamente ajustable a diversas clases de instituciones cuyos ejercicios están relacionados con la emanación de GEI, como ONGs, sucursales gubernamentales e institutos universitarios.

3.9.2. Identificación y cálculo de las emisiones GEI

Como lo menciona el WBCSD-WRI (2004), establecido el límite del inventario, las instituciones comienzan el cómputo de las emanaciones GEI, quienes se rigen por estas fases:

a) Identificar fuentes de emisiones de GEI

Para ubicar y computar las emanaciones en una compañía, es necesario seguir cinco pasos, el primero de ellos es ordenar las categorías del origen de las emanaciones de GEI dentro de los límites de la organización identificados en primera instancia. Las emanaciones de GEI teóricamente proceden de las consiguientes clases de origen:

- **Combustión fija:** Quema de inflamables en aparatos fijos, como calentadores, cocinas, abrasadores, generadores, crematorios motores, flameadores, entre otros.
- **Combustión móvil:** Quema de inflamables en el sector automotor, como autos, camionetas, ómnibus, ferrocarriles, aeronaves, navíos, naves, barcas, lanchas, etc.
- **Emisiones de proceso:** emanación de técnicas físicas o químicas, como el CO₂ de la fase de calcinamiento en la industria del cemento, el CO₂ del

"cracking" catalítico en métodos petroquímicos, las emanaciones de PFC en la fusión de aluminio, etc.

- Emisiones fugitivas: liberaciones deliberadas y no deliberadas, como fugas en uniones de tuberías, estampillas, empaques, o conexiones de aparatos, así como emanaciones evadidas procedentes de pilas de carbón, tratamiento de aguas residuales, torres de congelación, plantas de proceso de gas, etc.

b) Seleccionar un método de cálculo de emisiones GEI

El cálculo inmediato de emanaciones de GEI, a través del control de concentración y flujo no es frecuente. Frecuentemente, las emanaciones son computadas valorando un cálculo de masa o base estequiométrico determinado para un proceso. No obstante, el acercamiento más frecuente para computar las emanaciones de GEI es a través del uso de elementos de emisión registrados.

Dichos elementos son fracciones computadas que vinculan emanaciones de GEI a un dato de acción en una fuente de emisión. La dirección del IPCC (IPCC, 1996) alude a un grado de metodologías y conjunto de técnicas de cómputo que parten de la puesta en práctica de circunstancias genéricas de emanaciones al control directo.

En muchos casos, cuando el monitoreo no se encuentra disponible o su costo es prohibitivo, los datos exactos de emisiones pueden calcularse a partir de la información del uso de combustibles. Generalmente, incluso usuarios pequeños conocen la cantidad de combustible consumido, y tienen acceso a datos del contenido de carbón del combustible mediante coeficientes genéricos de contenido de carbón o mediante un muestreo periódico más exacto del combustible. Las organizaciones deben utilizar el método de cálculo más exacto que se encuentra a su disposición y que sea apropiado dentro del contexto de su reporte.

c) Recolectar datos de actividades y elegir los factores de emisión

Para la mayoría de las empresas pequeñas y medianas, y para muchas grandes compañías, las emisiones de alcance 1 serán calculadas con base en las cantidades adquiridas de combustibles comerciales (gas natural, diésel, combustóleo, gasolina, etc.) utilizando los factores de emisión publicados. Las emisiones del alcance 2 se calcularán primordialmente a partir del consumo medido de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad o por la red eléctrica local. Las emisiones de alcance 3 se computarán fundamentalmente desde de las informaciones de las actividades, como el empleo de inflamable o los kilómetros andados por los viajeros, y elementos de emanación divulgados o de terceras partes.

En gran parte de casos, si los factores de emanación de la fuente o establecimiento pueden usarse de acuerdo al contexto, son mejor estos factores que otros que son más ordinarios o generales.

d) Aplicar herramientas de cálculo

El empleo de dichos instrumentos es aconsejable, porque al ser examinadas por especialistas y dirigentes industriales, son renovadas de forma usual y se supone que son las excelentes disponibles. Las compañías pueden suplantar sus propias técnicas de cómputo de GEI siempre y cuando sean más exactos o, al menos, congruente con las técnicas del ECCR.

Los primordiales instrumentos de cómputo son:

- Herramientas intersectoriales que logran ser suministradas a diferentes zonas. Ellas encierran: combustión fija, combustión móvil, uso de HFC en enfriamiento y aire acondicionado, e inseguridad en el cálculo y apreciación.

- Herramientas sectoriales planteadas para computar emanaciones en zonas determinadas, como aluminio, hierro y acero, cemento, petróleo y gas, pulpa y papel, compañías fundadas en agencias, entre otras.

Gran parte de las organizaciones deberán usar más de un instrumento de cómputo para envolver todas sus emanaciones de GEI.

e) Enviar los datos de emisiones de GEI al nivel corporativo

Al informar sobre las emanaciones generales de una compañía, las industrias constantemente precisan recoger y concentrar las informaciones de varias sucursales, probablemente en diversas naciones y partes de la compañía. Es significativo planificar dicho procedimiento esmeradamente, para aminorar la carga del informe, disminuir el peligro de error que logren suceder al recolectar la información, y afirmar que todas las industrias estén consiguiendo datos de forma coherente y anticipadamente aceptada. De manera ideal, las compañías componen el informe de GEI con sus instrumentos y procesos de reporte existentes, y agarran ventaja de todo dato importante, porque fue recogido y mostrado por las fábricas a las agencias de división, las dependencias corporativas, los mecanismos, u otras porciones implicadas.

Los materiales y procesos escogidos para informar datos requerirán de los medios de información y comunicación existente, además dependerán del conjunto de especificaciones que las agencias centrales quieran que las empresas informen. Los instrumentos para recolectar y administrar los datos pueden contener:

- Bases de datos convincentes a través de una red que se encuentra dentro de la empresa u online, para entrada directa de información en los establecimientos.
- Formatos de hojas de cálculo para ser llenados y enviados por correo electrónico a una oficina corporativa o de la división, donde los datos son procesados posteriormente.

- Representaciones de reporte en papel para ser remitidas por correo electrónico a una agencia corporativa o de la división, donde la información se desocupará en una base de datos empresarial. No obstante, esta metodología puede acrecentar la posibilidad de faltas, si no existe una vigilancia capaz de garantizar la exactitud en la transmisión de la información.

A la hora de realizar el reporte dentro de la compañía, se exhorta usar formas de reporte estandarizados y así cumplir que los diferentes datos recogidos de las diversas unidades de transacciones, plantas o infraestructuras se puedan comparar, y que las reglas de reporte interno se lleven a cabo. Los formatos estandarizados pueden comprimir significativamente el peligro de faltas.

3.9.3. Norma ISO 14064 – cuantificación de gases de efecto invernadero

El ISO 14064 es una norma mundial acorde a la cual se comprueban, por voluntad propia, los reportes de emanaciones de GEI (LRQA, 2015). Su propósito es detallar los fundamentos y exigencias para el conteo y el reporte de emanaciones y eliminaciones de gases de efecto invernadero (GEI) a escala de una compañía. Contiene exigencias para proyecto, progreso, misión, reporte y/o comprobación de un registro de GEI de una compañía. El estándar de esta norma contiene tres secciones:

- Parte N°1.- Determina las exigencias para el esbozo y progreso de balances de emanaciones de GEI en la escala de compañía o entidad.
- Parte N°2.- Define las exigencias para el conteo, rastreo y exposición de reportes acerca de las mejoras en la disminución y exclusión de emanaciones en planes GEI.

- Parte N°3.- Constituye las exigencias y criterios para la ejecución de la ratificación y comprobación de datos acerca de los GEI, lo cual es ajustable a los organismo de comprobación para efectos del certificado.

3.9.4. Norma ISO 14069 – cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero para las organizaciones – guía para la aplicación de la norma ISO 14064 – I

La norma UNE-ISO 14069:2012 de conteo y reporte de GEI para compañías, específica los fundamentos, definiciones y técnicas vinculadas con el conteo y el reporte de las emanaciones de GEI directas e indirectas para una compañía. Suministra una pauta de instrucción para la puesta en práctica de la norma ISO 14064-1 en los registros de vapores de efecto invernadero en una compañía, para el conteo y el reporte de emanaciones directas, emanaciones indirectas por energía y algunas otras emanaciones indirectas (UNE-EN ISO 14064: 2012, 2018).

Dicha regla técnica contribuye a que la compañía pueda realizar lo subsiguiente (UNE-EN ISO 14064: 2012, 2018):

- a) Optimizar la transparencia y la firmeza de las emanaciones de GEI informados (directa, indirecta de energía y otras emisiones indirectas), constituir una codificación de 23 clases para todas las emanaciones, en específico las emanaciones indirectas, y aconsejar dicho ordenamiento a los registros de la ISO 14064-I.
- b) Escoger o desplegar el procedimiento de cómputo de las emanaciones.
- c) Distinguir, cuando sea ineludible, las tres primordiales clases de compañía que se afrontan:

- Un establecimiento o una sede de fabricación (definido en el espacio) la provisión de recursos (manufactura) y/o servicios (terciario), que concierne a una compañía pública o privada.
- Una compañía privada o pública, con algunas infraestructuras, áreas o subsidiaria.
- Un mando particular que causa emanaciones directas e indirectas, en sus propios procedimientos y en los servicios proporcionados en una zona determinada: como los servicios suministrados a la colectividad (calles, aseo, envío, etc.) que logran ser traspasados claramente por el poder público o en maneras compuestas (acciones externas, representaciones, etc.)
- Notificar las emanaciones y eliminaciones de GEI usando una forma resumida al reportar de forma cómoda y descifrable.

3.10. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos acerca del Cambio Climático (IPCC) se fundó en 1988 con el propósito de suministrar valoraciones completas de la etapa de los saberes científicos, de expertos y socioeconómicos en relación al cambio climático, sus orígenes, y probables consecuencias y destrezas de contestación. (IPCC, 2013).

El IPCC dispone además de métodos y orientaciones para los balances regionales de vapores de efecto invernadero a través del conjunto de tareas respecto a los inventarios nacionales de vapores de efecto invernadero. Dichos métodos y preceptos auxilian a las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas acerca del Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kyoto, a elaborar los registros de emisiones de GEI por las fuentes y la impregnación por los sumideros. La publicación más actual y significativa fue Directrices del IPCC de 2006 para los registros nacionales de GEI. (IPCC, 2006).

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA APLICADA

4.1. Establecimiento del periodo base de estudio

En el transcurso del avance de este estudio se valoraron toda la información compilada durante el periodo del ciclo académico 2018-1. Se tomó como base para la investigación el tiempo que dura un periodo académico, es decir 4 meses correspondientes a 16 semanas efectivas. Todos los cálculos se expresaron en el lapso base de estudio, por lo que cualquier dato o resultado expresado en periodos de tiempo diferentes, fueron transformados, extrapolados o estimados sobre el fundamento de estudio.

4.2. Elección de la metodología para la cuantificación de las emisiones de GEI

Para cuantificar las emisiones de CO₂ equivalente de empresas y organizaciones existen numerosas metodologías. Con el fin de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generados por la actividad de la Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI durante el periodo académico establecido, en esta investigación se eligió como base para el cómputo de la Huella de Carbono a la descrita en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) propuesta por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable WBCSD-WRI (2004), también, se aceptó como guía los factores de emisión del IPCC (2006) y los propuestos por otros autores en investigaciones a nivel nacional e internacional.

Este protocolo de cálculo se llevó a cabo entre el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el (WBCSD), con compañías, gobiernos y conjuntos ambientales a nivel global, con el propósito de edificar una sistemática que permitiera arreglar un registro de gases del efecto invernadero, siendo esta una de las bases de estrategias sostenibles del cambio climático.

El método, utilizado también en el cálculo de la Huella de Carbono del MINAM para el año 2010 y por otras entidades gubernamentales, muestra tres logros de ejecución (alcance 1, 2 y 3) que reconoce a las características de emisiones examinadas dentro del cómputo (directo, indirecto de concepción y algunas otras indirectas) los cuales se adoptaron como fundamento para la preparación del cómputo de la huella de carbono de la FIA – UNI para el periodo establecido.

4.3. Recopilación de información y descripción de la organización

La recolección de datos de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería se realizó a través de entrevistas, encuestas y solicitud de información a las distintas áreas administrativas y académicas. Así como, mediciones eléctricas y recaudación de información de generación de residuos sólidos en el área de trabajo.

Las entrevistas y encuestas se le aplicaron a una muestra conformada por estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo, respecto a la movilidad de los mismos hacia y desde la FIA – UNI, esto con el propósito de lograr información sobre los tipos de traslado usados, el tiempo de viaje y la frecuencia de viajes. Toda esta información fue relevante durante el cómputo de la Huella de Carbono debida al transporte.

La información adicional recolectada estuvo destinada al cálculo de las emisiones debidas a gasto de papel (Bond, Bulky y cuadriculado), gasto eléctrico y a la generación de residuos en la FIA – UNI.

4.4. Determinación de los límites organizacionales y operacionales del inventario de GEI

Los alcances empleados para la realización del cómputo de la huella de carbono están basados en términos organizacionales u empresariales y estratégicos, quienes

permiten precisar visiblemente la medida que cuantifica las emanaciones de GEI. Sirvieron como guías las particularidades del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero ofrecida por la WBCSD (2004) que se observarán en los sucesivos términos:

a) Límites organizacionales

Para calcular la Huella de Carbono de una compañía u organización; es necesario establecer sus límites organizacionales, que no es otra cosa que decidir qué instalaciones físicas, o unidades de negocio, en el caso de las empresas, serán tenidas en cuenta para el cálculo.

El límite organizacional se refiere al alcance que establecen los procedimientos que pertenecen o se rigen por lo establecido en la organización. Se deben determinar las infraestructuras que pertenecen a la organización, y aquellas que inspecciona, ya sea de manera económica u operacional (HUELLACHILE, 2016)

Tomando en cuenta que los enfoques son establecidos por toda empresa u organización, conforme a sus rasgos particulares, en la presente investigación se tomaron como límites organizacionales las instalaciones pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Ambiental UNI formadas por dos pabellones que se encuentran en conjunto, por lo que se consideró que los límites organizacionales se ajustan a un enfoque operacional, ya que se registra el 100% de sus emisiones significativas de GEI aplicables a los procedimientos sobre los cuales la Facultad ejecuta vigilancia operacional.

b) Límites operacionales

Al apoyar a identificar las fuentes de emisión de forma transparente y útil para cualquier organización y en diferentes climas organizacionales, el GHG Protocol define tres alcances que se deben ajustar de acuerdo al enfoque particular en el respectivo reporte. Los alcances 1 y 2 se consideran obligatorios y el alcance 3 es opcional y depende de la estructura organizativa.

De acuerdo a lo anterior, en la presente investigación se constituyeron los subsiguientes límites operacionales:

- **Alcance 1:** Son las emisiones directas producto de las actividades propias de la FIA – UNI y controladas por la misma:
 - Emisiones por fuentes móviles propias (automóviles).
 - Consumo de Gas Combustible (Calentadores y equipos de laboratorio).
 - Emisiones fugitivas de HFC (por el empleo de dispositivos de enfriamiento y aire acondicionado).

- **Alcance 2:** Son las emisiones indirectas de GEI que provienen de la concepción de electricidad de inicio externo agotados por la FIA – UNI:
 - Consumo de electricidad en las instalaciones de la FIA – UNI, lo que incluye el consumo total debido a equipos, luminarias, etc.

- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas. Emisiones producidas por tareas que se realizan internamente o fuera de la FIA – UNI, las mismas suceden en fuentes que no pertenecen a la corporación y no están dominadas por ella:
 - Transporte de estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo.
 - Materiales adquiridos y usados por la facultad como papel, cartón, plástico, etc.
 - Consumo de agua.
 - Residuos sólidos.

4.5. Metodología para la cuantificación de emisiones GEI

4.5.1. Identificación de fuentes de emisión de CO₂

Los orígenes de emanación fueron seleccionados según el grado de importancia de emanación de gases de efecto invernadero así como también de tareas funcionales en el desarrollo de las actividades de la FIA – UNI, como:

- Consumo eléctrico (aparatos electrónicos, equipos informáticos, sistemas de iluminación, entre otros).
- Gasto de combustibles fósiles por el transporte para la movilidad de los estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo.
- Residuos sólidos generados por la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI.
- Papel, cartón y/o plásticos utilizados en la publicidad y repartidos como material para la labor pedagógica de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI.

4.5.2. Cálculo de las emisiones

Para el método de cómputo de la Huella de Carbono, según lo mencionado en GHG Protocol se obtendrá el dato de la actividad o fuente de emisión con su respectivo factor de emisión por el cual se obtiene como resultado una cantidad determinada de CO₂eq, que se utilizó, no solo como referencia de emisión total de gases producidos por el desarrollo de las actividades de la FIA – UNI sino que también ello servirá de base para futuros planes de eficiencia y reducción.

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Dato de la Actividad} \times \text{Factor de Emisión}$$

- **Dato de la Actividad:** medida que precisa el nivel de la acción mencionada anteriormente las cuales son generadoras de las emisiones de vapores del efecto invernadero.

- **Factor de Emisión:** cantidad de gases del efecto invernadero expresados por cada unidad de la medida “dato de actividad”. Tales factores se modifican de acuerdo a la acción que se realice.

Las unidades de los factores de emisión, se escogieron valorando los datos de las actividades seleccionadas. Para procesar los datos se utilizaron hojas de cálculo de Microsoft Excel.

4.5.3. Obtención de datos por fuente de emisión según alcance

4.5.3.1. ALCANCE 1

Para la obtención de las fuentes de emisiones del alcance 1, referente a las fuentes fijas de la FIA – UNI se ejecutaron estas tareas:

- Se investigó sobre la existencia de vehículos pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI que pudieran generar emisiones por consumo de combustible fósil.
- Se recolectaron datos acerca del uso y gasto de gas natural en los laboratorios pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI durante el periodo de la investigación, así como su uso en equipos de calefacción.
- Se corroboró y recopiló información sobre la existencia y funcionamiento de equipos acondicionadores de aire en la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI que pudieran generar emisiones fugitivas, así como equipos de calefacción con su fuente de energía asociada (gas natural o electricidad) cuya contribución a las emisiones pudiera ser significativa.

4.5.3.2. ALCANCE 2

Consumo de energía eléctrica

Para la obtención del dato de consumo eléctrico se tomaron como referencia los reportes registrados por la Oficina Central de Servicios Generales, quién es la encargada de administrar la subestación ubicada en la FIA - UNI, que provee de energía eléctrica a dicha facultad. La medición se realizó durante una semana para obtener el consumo semanal de energía eléctrica (KWh) para poder extenderla a 4 meses (16 semanas) que es el tiempo que duran las actividades académicas en un periodo académico.

Los valores de consumo de energía fueron obtenidos tomando en consideración la tendencia del consumo semanal, según los datos obtenidos con el método observacional, sin equipos de medición.

El Sistema Eléctrico de la Universidad Nacional de Ingeniería es abastecido por la Empresa de Distribución de Lima Norte, conocido por ENEL a través de 03 Suministros en media tensión (10 Kv). Presentamos a continuación detalles en la Tabla 5. De estos 03 Suministros que ingresan al Campus de la UNI:

Tabla 5. Características de los suministros de la UNI

SUMINISTROS UNI 10 KV	1696820	715030	377912	TOTAL
TARIFA	MT3	MT3	MT3	
M DEMANDA 2017	420 KW	370 KW	836.09 KW	1626.1 KW
M DEMANDA 2016	496 KW	370 KW	944 KW	
USUARIO	FUERA DE PUNTA	FUERA DE PUNTA	FUERA DE PUNTA	
POTENCIA CONTRATADA	900 KW	650 KW	1000 KW	2550 KW

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

El tercer Suministro definido como 377 912, ingresa al Campus desde el Ex-Centro de Cómputo de la UNI y alimenta a un conjunto de Facultades entre ellas a la Subestación de la Facultad de Civiles, desde ahí llega a la Subestación del Teatro de la UNI y uno de sus enlaces es la Subestación de la Facultad de Ingeniería Ambiental cuya capacidad es de 250 KVA, y una transformación de 10 kV/0.23 kV. Representada a continuación en la figura 8.

Figura 8. Vistas de la subestación de la facultad de ingeniería ambiental



Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

A continuación, se presenta el plano de ubicación tanto de la Facultad de Ingeniería Ambiental como de la Subestación que la abastece en la figura 9.

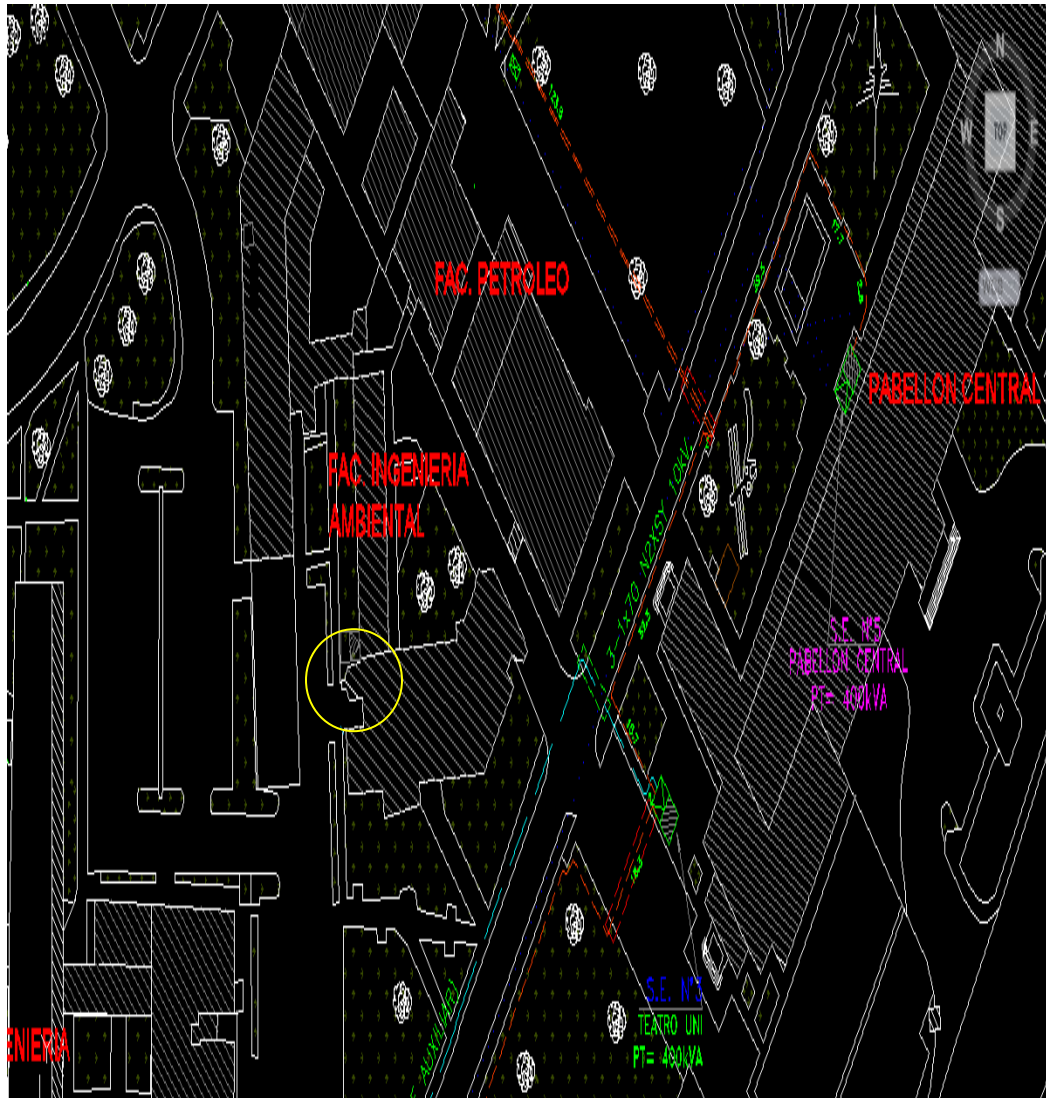


Figura 9. Plan de ubicación de la facultad de ingeniería ambiental y su subestación

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

Seguidamente se describen los parámetros eléctricos de tensión, corriente, potencia, energía entre otros. Se señalan a modo de ejemplo los Diagramas de Carga Figura 10, Figura 11, Figura 12, que involucran las cargas de potencia activa y reactiva, así como sus respectivas energías activas y reactivas:

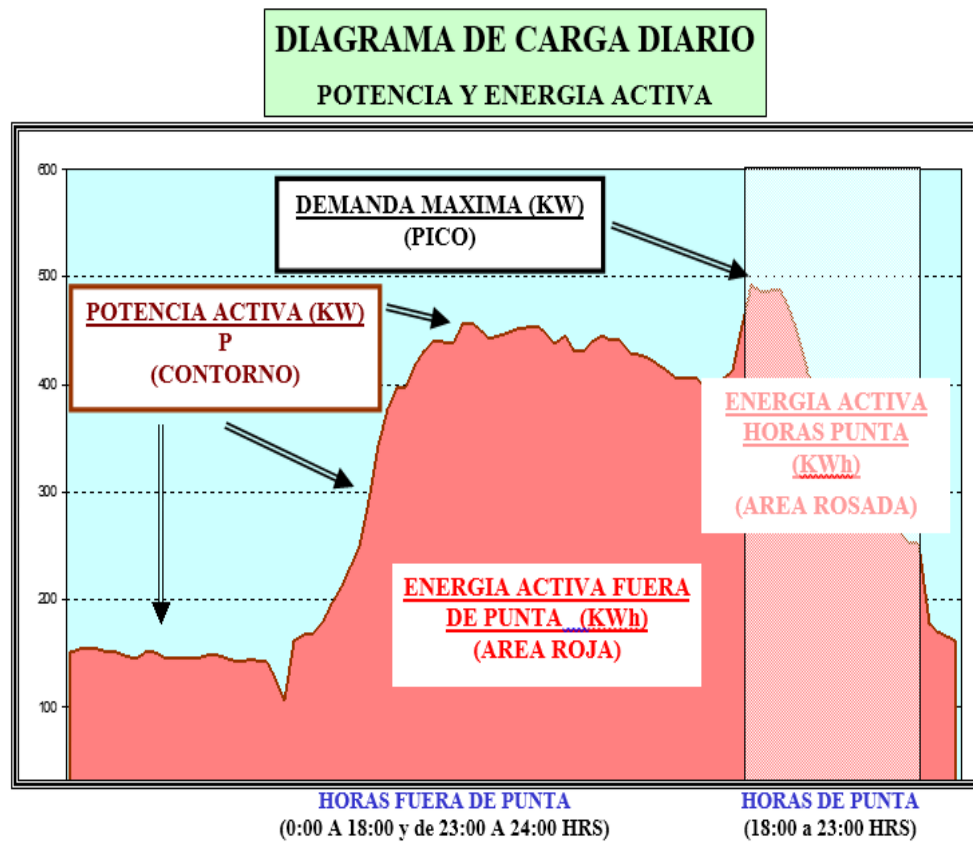


Figura 10. Diagrama de carga diario potencia y energía activa

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales



Figura 11. Diagrama de carga diario potencia y energía activa comparativa
Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

DIAGRAMA DE CARGA SEMANAL
POTENCIA ACTIVA (P) Y REACTIVA (Q)

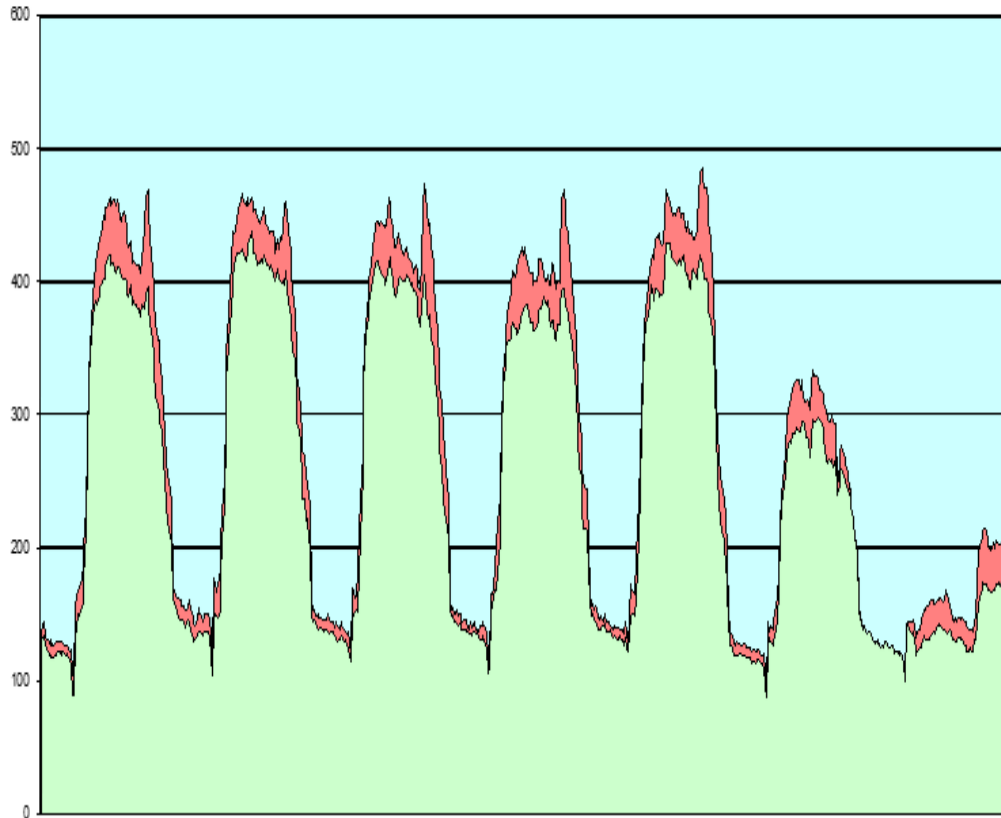


Figura 12. Diagrama de carga semanal potencia activa y reactiva

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

Las mediciones efectuadas en la propia Subestación de la FIA representa la determinación de los parámetros eléctricos desde el 24 de abril al 02 de mayo del 2018, según se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Cuadro de mediciones efectuadas en la subestación de facultad de ingeniería ambiental.

CUADRO DE MEDICIONES EFECTUADAS EN LA SUBESTACION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL											
PARAMETROS ELECTRICOS	COD	24-abr		25-abr		28-abr			30-abr	02-may	
FRECUENCIA DEL SISTEMA	SYS	60 HZ	60 HZ	60 HZ	60.05 HZ	60.05 HZ	59.95 HZ	60 HZ	59.95 HZ	60 HZ	60 HZ
TOTAL KWh	2	3890.4	igual	3893.5	igual	3901	igual	igual	3906.1	3909	igual
KWh RATE C	3	3120.4	igual	3122.7	igual	3128.4	igual	igual	3132.6	3135.4	igual
KWh RATE A	4	770	igual	770.7	igual	772.6	igual	igual	773.5	773.6	igual
KW MAX C	5	0.302	igual	0.302	igual	0.302	igual	igual	0.302	igual	igual
KW MAX A	7	0.254	igual	0.254	igual	0.254	igual	igual	0.254	igual	igual
TOTAL KVARh	9	2351.1	igual	2351.4	igual	2352.1	igual	igual	2352.4	2352.6	igual
HORA DE LA MEDICION	17	13 11	13 13	13 41	igual	09 43	09 45	09 47	21 05	13 49	13 51
TENSION POR FASE A	PHA	233.3	233	233.1	igual	230.3	230	230.3	235.0	232.4	igual
TENSION POR FASE C	PHC	231.9	232.1	232.1	igual	228.9	228.4	228.7	233.5	231.6	231.8
CORRIENTE POR FASE A	PHA	0.27	0.32	0.41	igual	0.32	0.33	0.34	0.17	0.32	0.34
CORRIENTE POR FASE C	PHC	0.36	0.38	0.41	igual	0.35	0.36		0.22	0.37	igual
FACTOR DE POTENCIA	SYS	0.97	igual	0.98	igual	1	igual		1	0.97	1
Kw	SYS	0.1328	0.1367	0.168	igual	0.1328	0.1367		0.082	0.1211	0.1367
kvar	SYS	0.0273	0.0273	0.0273	0.0313	0.0034			0.0039	0.0195	0.0234
kva	SYS	0.1367	0.1328	0.1719	0.1484	0.1406	0.1445		0.082	0.1289	0.1406

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

A continuación se detalla el resumen de las mediciones efectuadas en la subestación de la facultad de ingeniería ambiental, los valores arrojados determina el consumo eléctrico diario y semanal en KWh. Ver tabla 7. Cuadro resumen de las mediciones efectuadas en la subestación de facultad de Ingeniería Ambiental.

Tabla 7. Cuadro resumen de las mediciones efectuadas en la subestación de la facultad de Ingeniería Ambiental.

CUADRO RESUMEN DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN LA SUBESTACION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL					
PARAMETROS ELECTRICOS	24-abr	25-abr	28-abr	30-abr	02-may
HORA DE LA MEDICION (HR:MIN)	13:11	13:41	09:43	21:05	13:49
FRECUENCIA DEL SISTEMA (HZ)	60	60	60.05	59.95	60
TENSION ELECTRICA (VOLTIOS)	232.6	232.6	229.6	234.25	232
CORRIENTE ELECTRICA (AMPERIOS)	50.4	65.6	53.6	31.2	55.2
MAXIMA DEMANDA (KW)	48.32	48.32	48.32	48.32	igual
POTENCIA ACTIVA (KW)	21.248	26.88	21.248	13.12	19.376
POTENCIA REACTIVA (KVAR)	4.368	4.368	0.544	0.624	3.12
POTENCIA APARENTE (KVA)	21.872	27.504	22.496	13.12	20.624
FACTOR DE POTENCIA (-)	0.97	0.98	1.00	1.00	0.97
ENERGIA ACTIVA TOTAL (KWh)	622464	622960	624160	624976	625440
ENERGIA FUERA DE PUNTA (KWh)	499264	499632	500544	501216	501664
ENERGIA EN PUNTA (KWh)	123200	123312	123616	123760	123776
ENERGIA REACTIVA TOTAL (KVARh)	376176	376224	376336	376384	376416

CUADRO DE LAS ENERGIAS EN PUNTA Y FUERA DE PUNTA Y TOTAL EN LA SUBESTACION DE LA FACULTAD			
ENERGIA ACTIVA TOTAL DIARIA (KWh)	419	ENERGIA ACTIVA TOTAL SEMANAL (KWh)	2976
ENERGIA FUERA DE PUNTA DIARIA (KWh)	325	ENERGIA FUERA DE PUNTA SEMANAL (KWh)	2400
ENERGIA EN PUNTA DIARIA (KWh)	94	ENERGIA EN PUNTA SEMANAL (KWh)	576

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

4.5.3.3. ALCANCE 3

Dentro de este alcance se han clasificado las siguientes fuentes:

➤ **Consumo de papel**

La contribución del papel a la Huella de Carbono se debe tomar en cuenta solo cuando el consumo sea elevado. Como no se tienen datos del papel

adquirido y consumido propiamente por parte de los estudiantes, por ser este parámetro variable, sólo se contabilizó el consumo en las actividades docentes y administrativas.

Para la obtención del dato de consumo de papel se coordinó con el área de logística de la Facultad de Ingeniería Ambiental, el cual lleva el inventario de la cantidad de papel (Bond, Bulky u otro) que se adquiere. Esta información proporciona la cuantía y clase de papel que se utiliza en todos los espacios de la FIA – UNI. En el Anexo 1 se encuentra la información sobre el papel Bond y en el Anexo 2, la información sobre el papel Bulky y cuadriculado brindada por el área de Logística.

Se prescindió la emisión de GEI de los recursos académicos (papel, lapicero, cuaderno, etc.), utilizados por los estudiantes, ya que, estos tienen un consumo variable y depende del hábito de cada estudiante. Así como, la emisión de GEI generado por el transporte de materiales de proveedores externos a la Facultad de Ingeniería Ambiental, por ser éste también un factor variable cuyo aporte a las emisiones no está directamente relacionado con la FIA – UNI.

Para el cálculo de la cantidad de papel se aplicó el procedimiento descrito por Ponce & Rodríguez (2016) en el cual, el gramaje del papel se multiplicó por el Área del papel para trasladarlo a unidades de masa en gramos (g):

$$\text{gramaje (g/m}^2\text{)} \times \text{Área(m}^2\text{)} = \text{Peso por hoja (g)}$$

Rápidamente se multiplica por la cuantía de hojas agotadas y se obtiene la masa total de consumo de papel que se expresa en kilogramos (kg). La emisión por consumo de papel se calculó entonces aplicando la ecuación:

$$\text{GEI del papel en kgCO}_2\text{eq} = \text{Peso total (kg)} * \text{FE papel (kgCO}_2\text{/kg)}$$

➤ **Cantidad de residuos sólidos generados**

La producción de desechos también incrementa la Huella de Carbono, por lo que es indispensable la búsqueda de los factores de emisión para cada tipo de residuo.

Para la obtención de este dato, se tomó como referencia el estudio de caracterización y segregación de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI realizado en 2017. Esta información fue suministrada por el equipo a cargo de dicho estudio, en el cual tomaron en cuenta los residuos con mayor significancia en cuanto a cantidad y emisión generada. De esta forma, los residuos son los siguientes:

- Materia Orgánica
- Papel y Cartón
- Plásticos
- Residuos varios

Los datos obtenidos para el cálculo de la Huella de Carbono de los residuos, fueron:

- Cantidad de residuos generados en la FIA – UNI en kg
- Fracción de cada tipo de residuo respecto al total
- Disposición final de los residuos (VRS)

Dicho estudio tomó como referencia una cantidad de 700 estudiantes inscritos, por lo que estos datos fueron obtenidos a partir de una proporcionalidad directa a la cantidad de estudiantes inscritos en el periodo académico 2018-1 (975 estudiantes).

➤ **Transporte de los estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo**

Para la obtención de este dato se realizó una encuesta virtual y física (Anexo 3), la cual permitió obtener información sobre:

- Tipo de movilidad que usan.
- Cantidad de días que asisten a la FIA – UNI.
- Lugar de residencia.
- Tiempo que demoran en realizar el viaje en los tramos (Lugar de residencia - FIA UNI y FIA UNI - Lugar de residencia)

Además, la distancia recorrida por el medio de transporte para hallar el valor de GEI fue variable, es por ello que ésta se tuvo en cuenta en la encuesta realizada para computar las emanaciones de CO₂ provenientes de la movilidad de los estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo, ya que la cantidad del elemento de emanación va depender tanto del combustible utilizado por el vehículo, como el kilometraje recorrido.

➤ **Consumo de agua**

El gasto de agua en una organización, varía en función de la actividad que esta realice y su contribución a los GEI está asociada al tratamiento de depuración y de potabilización y transporte de la empresa que la suministre.

Se investigó la fuente de agua potable de donde se surte la FIA – UNI, para de esta forma calcular las emisiones asociadas a los procesos de fabricación, transporte y potabilización de este recurso.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

A través del empleo de hojas de cálculo Excel y los datos derivados, se logró estimar el número de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en kg de CO₂ equivalente y su equivalente en Tn de CO₂ equivalente. Seguidamente se muestran los resultados por alcance y por clase de fuente de emisión de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

5.1. Alcance 1

Las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI presentan emisiones directas de CO₂ vislumbradas en el alcance 1, que pueden considerarse despreciables o insignificantes, debido a las siguientes consideraciones:

La FIA – UNI no posee vehículos propios, esto no permite computar las emanaciones originarias del gasto de combustible vehicular. En cualquier organización la generación de emisiones debidas al transporte interno es de suma importancia en el cómputo de la Huella de Carbono, sin embargo como ya se mencionó, al no contarse con una flota de vehículos propios este no es un factor relevante.

El factor de consumo de gas natural como combustible es de gran relevancia en los asuntos en los que se tengan equipos que trabajen a base de este recurso, por ejemplo calderas, quemadores, calentadores, etc. Se logró constatar que los únicos equipos que consumen gas natural en las instalaciones de la FIA – UNI se encuentran en los laboratorios, sin embargo estos equipos se usan poco y de forma variable, por lo que aun cuando terminen el combustible y creen cierta cantidad de emanaciones, las mismas se pueden considerar insignificantes, comparadas con otras fuentes estudiadas.

La generación de emisiones por el consumo energético de los equipos de calefacción presentes en la FIA – UNI, al funcionar estos con energía eléctrica proveniente de la subestación de la Facultad de Ingeniería Ambiental, sus emisiones se contabilizan en las emisiones generales calculadas en el alcance 2, por lo que no se consideraron por separado.

Las emisiones fugitivas de HFC por el empleo de dispositivos de enfriamiento y aire acondicionado se descartaron debido a que los equipos no se usan de forma regular y tener una medición no resulta factible. También se tomó en cuenta que al realizar la consulta al área de mantenimiento, algunos equipos se encontraban inoperativos y/o en mantenimiento, dificultando aún más la obtención de información.

5.2. Identificación de las fuentes de consumo eléctrico relacionadas al desarrollo de actividades de la FIA – UNI

Para conocer las emisiones que se forman producto del gasto de la energía eléctrica que se adquiere de la red pública en Perú, llamado “Sistema eléctrico interconectado nacional” (SEIN), se debe calcular el factor de emisión del gasto de energía eléctrica de la red nacional y multiplicarlo por el consumo de energía en un determinado período.

En la FIA – UNI se identificó como fuente de emisión por consumo eléctrico al uso de iluminación, equipos eléctricos, calefacción, entre otros, los cuales se representan en los datos de la subestación eléctrica que surte a la misma. Esta subestación recibe la energía eléctrica proveniente del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y alimenta a todas las áreas operativas de la Facultad, por lo que se consideró como el único proveedor de datos de fuentes de consumo eléctrico con influencia sobre el cómputo de la Huella de Carbono en esta investigación, registrándose con método observacional el consumo diario y por hora.

El factor de emisión del SEIN, debe ser calculado por el usuario interesado en hallar las emisiones de GEI que se generan fruto de la adquisición de energía eléctrica. En Perú, este factor no se encuentra publicado por alguna organización (Saavedra-Navarro, 2017)

Dado que la energía eléctrica con la que se trabaja en la FIA - UNI proviene del Sistema Interconectado Nacional (SEIN), la emisión de CO₂ equivalente se calculó considerando el factor de emisión propuesto por Saavedra-Navarro (2017):

$$FE = 0.4239 \text{ kgCO}_2\text{eq/ kWh}$$

Se eligió este valor por adecuarse a los procesos utilizados en la obtención de electricidad, en el valor el autor consideró que la energía eléctrica proviene en un 99% de sistemas de generación Hidroeléctrica y Termoeléctrica.

5.3. Identificación de las fuentes de consumo de combustible fósil relacionadas al transporte de profesores, estudiantes y personal administrativo y de apoyo.

Las fuentes de emisiones por consumo de combustible fósil identificadas en la investigación fueron las relacionadas con la movilidad de los estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo. El uso del transporte público es un factor de gran influencia en la Huella de Carbono por la generación de GEI producto de la combustión, sobre todo la generación de CO₂ tomado como referencia en esta investigación. La mayoría de las personas que hacen vida en la FIA – UNI utilizan algún medio de transporte (público o privado) que consume combustible fósil, son muy pocas las personas que utilizan otros medios como bicicletas o se dirigen a las instalaciones a pie.

Tal y como lo expresan las directrices de la IPCC, para calcular las emisiones de CO₂ que emiten los automóviles, se debe emplear el gasto de combustible en los datos de actividad. En la tabla 8 se detalla el rendimiento promedio de combustible en vehículos.

Tabla 8. Rendimiento de combustible en vehículos

Tipo de combustible	Unidad	Rendimiento (Km/unidad)
GNV	m ³	11.0
Gasolina	L	10.0
Diésel	L	10.1
GLP	L	9.7

Fuente: Cálculo de la huella de carbono de EDEGEL S.A.A. en el año 2014, según metodología de la norma ISO 14064-1. Saavedra – Navarro, 2017

Se observa que el consumo de combustible es similar para los vehículos que utilizan combustibles líquidos, siendo el consumo diferente para el GNV por expresarse en otra unidad.

Los factores de emisión para el traslado terrestre van a estar en función del gasto de combustible de cada vehículo respecto al kilometraje recorrido, esto porque a mayor kilometraje se tendrá un mayor consumo de combustible, por lo que fue necesario conocer este dato para cada tipo de vehículo.

Los factores de emisión en toda clase de automóvil expresado, tomando en cuenta el combustible y el consumo, se señalan en la tabla 9.

Tabla 9. Factores de emisión por tipo de vehículo y kilometraje recorrido

Tipo de Vehículo	Unidad	FE (kgCO ₂ eq/Unidad)
Vehículos a Gasolina	Km	0.229
Vehículos a Diésel	Km	0.276
Vehículos a GNV	Km	0.159
Vehículos a GLP	Km	0.155

Fuente: Cálculo de la huella de carbono de EDEGEL S.A.A. en el año 2014, según metodología de la norma ISO 14064-1. Saavedra – Navarro, 2017

En la tabla 9, se observa que el FE es independiente del tipo de vehículo, sino que el mismo depende del combustible que utilice, así el vehículo puede ser Ómnibus, Combi o Auto particular y su FE será aproximadamente igual si utilizan el mismo combustible. Otra variable a tomar en cuenta es el número de pasajeros del vehículo, por lo que en esta investigación se tomó el aporte individual de cada estudiante, docente, personal administrativo y de apoyo, esto debido a que no todos los pasajeros de los vehículos se dirigen a la FIA – UNI; en tal sentido, la contribución a la Huella de Carbono se tomó de forma individual.

Los factores de emisión mostrados en la tabla 9, se compararon con los reportados para el año 2018 por la EPA en el informe “Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories” para los Estados Unidos, siendo similares, por ejemplo para el Diésel se reporta un valor de 0.267 kgCO₂eq/km, para la Gasolina 0.232 kgCO₂eq/km, GLP de 0.155 kgCO₂eq/km y para GNV es de 0.14 kgCO₂eq/km. Aun cuando los reportados por la EPA son más actualizados, se tomaron como referencia los reportados por Saavedra-Navarro (2017) por haber sido calculados para el país.

La emisión de GEI total se obtuvo como la sumatoria de las emisiones por cada clase de vehículo usado para el transporte de los estudiantes, docentes, personal administrativo y de apoyo. Para este cálculo se tomó en cuenta: la distancia recorrida por cada vehículo en km, el tiempo ideal del recorrido, el tiempo real del recorrido reportado por cada individuo encuestado, con lo que se determinó un kilometraje equivalente mediante la ecuación:

$$km_{eq} = \frac{\text{distancia de viaje (km)} * \text{tiempo real de viaje}}{\text{tiempo teórico de viaje}}$$

Por medio de esta ecuación se tomó en cuenta la generación de GEI del vehículo mientras se encontraba en el tráfico y que no le permiten realizar el recorrido en el tiempo teórico, es decir, los kilómetros que el vehículo habría recorrido en el tiempo de viaje en condiciones normales. Para la obtención de los kilómetros del recorrido y el tiempo teórico del mismo, se utilizó la herramienta Google Maps, trazando la ruta del transporte utilizado.

La emisión de CO₂eq para cada individuo se calculó en función al medio de transporte utilizado, a los km_{eq} recorridos de ida y vuelta y las veces que realiza el recorrido semanal. La ecuación aplicada fue:

$$\text{Emisión de CO}_2\text{eq} = \sum_{i=1}^{n*} (\text{FE}_{\text{vehículo}} * (\text{km}_{\text{eq}}\text{ida} + \text{km}_{\text{eq}}\text{vuelta})_i * x_i) / N_{\text{vehículo}}$$

Donde:

FE_{vehículo} = Factor de emisión de cada vehículo en función al combustible

km_{eq} ida = Los kilómetros equivalentes recorridos de ida

km_{eq} vuelta = Los kilómetros equivalentes recorridos de vuelta

x = Número de veces del recorrido por semana

i = individuo i

N_{vehículo} = Número de pasajeros del tipo de vehículo que generan la emisión

n = Número total de individuos

Debido a que no se tiene información precisa sobre el tipo de combustible que consume cada vehículo, se asumió que los transportes colectivos de mayor capacidad (Ómnibus y Autobuses) utilizan combustible diésel y los de menor capacidad (Combi y Autos) funcionan mayormente con gasolina. Los buses del sistema de transporte Metropolitano funcionan con GNV, por lo que se ubicaron en una categoría aparte. Asimismo, para el cálculo de emisiones de forma individual se consideró la capacidad de pasajeros de cada tipo de transporte.

También se descartaron del cálculo de las emisiones por movilidad a los individuos que utilizan bicicleta y los que hacen el recorrido a pie, puesto que no generan ninguna clase de emisiones.

5.4. Identificación de las fuentes de generación de Residuos Sólidos en la FIA-UNI

A través del trabajo de campo se identificaron las zonas de alimentación de residuos, se identificó que en la universidad existen 2 clases de tachos para clasificar los residuos, los tachos ecológicos para segregar y los tachos normales en zonas exteriores de la universidad, los primeros cuentan con identificación cuya función es promover la adecuada separación de residuos sólidos (papel y cartón, vidrio y latas, plástico y orgánicos y desperdicios), en tanto que en los tachos en las zonas externas se encuentra todo mezclado.

Los tipos de residuos localizados fueron materia Orgánica, papel y cartón, plástico PET, plástico PEAD, Otros plásticos, tetra pack, vidrio, otros, residuos inertes, etc. Por el total general se pudo determinar porcentualmente la cantidad de residuos sólidos en la FIA-UNI, representados en la tabla 10.

Tabla 10. Cálculo de manera porcentual de la cantidad de residuos sólidos en la FIA-UNI

Tipos de residuos	Aulas	Oficinas	Otros ambientes	Total
Materia orgánica	35.30%	8.70%	56%	100%
Papel y cartón	10.40%	40.90%	48.70%	100%
Plástico PET	38.56%	13.52%	47.92%	100%
Plástico PEAD	28.49%	5.03%	66.48%	100%
Otros plásticos	21.93%	24.56%	53.51%	100%
Tetra pack	49.01%	15.00%	35.99%	100%
Otros	17.90%	20.01%	62.09%	100%
Residuos inertes	25.80%	24.52%	49.68%	100%

Fuente: Cornejo et al (2017): Sustentabilidad de la implementación de un programa de segregación de residuos sólidos en la FIA – UNI

5.5. Cuantificación de las emisiones generadas por la generación de residuos sólidos relacionadas a la actividad de la FIA-UNI

Dentro de los residuos generados se encuentra el residuo plástico que es reciclado y vendido o cedido para que sea reutilizado, esto alarga su tiempo de vida útil. Sin embargo, dicho material ya ha sido procesado y consumido, por lo que se toma en cuenta la generación de emisiones de éste debido al consumo energético en su producción. También, dentro de los residuos generales se encuentran aquellos que van a un relleno sanitario o vertedero y que, durante su descomposición, emiten cantidades de GEI, principalmente metano (CH_4). Asimismo, se cuenta como residuo a la cantidad de papel consumida por las actividades administrativas y académicas. A continuación se muestra la cuantificación de emisiones por los residuos generados antes mencionados:

5.5.1. Emisión generada por el consumo de papel

Según el área de logística de la Facultad de Ingeniería Ambiental, el consumo de papel para el periodo 2017-2 (Anexo 1) fue de 175500 hojas de papel tamaño A4, destacándose que el mayor consumo fue en el uso docente con 66000 hojas (37.6%)

El papel utilizado en la FIA – UNI es de tamaño A4 de tipo papel de oficina para impresión, por lo que su gramaje va a tener un valor promedio de 90 g/m^2 , que es el más común según lo indican la Guía de utilización de materiales para color de la imprenta Xerox (XEROX, 1999) y el documento “Papeles, efectos y manipulados” de la Facultad de Bellas Artes de Altea España (Facultad de Bellas Artes de Altea, 2017). El valor anterior se puede expresar como 0.09 kg/m^2 .

Las dimensiones del papel A4 son de 29.7 cm de largo por 21.0 cm de ancho, por lo que su área es de 623.7 cm^2 , lo que corresponde a 0.06237 m^2 . El peso total del papel utilizado se calcula entonces de la siguiente forma:

$$\text{Peso de hoja de papel (kg/hoja)} = 0.09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.06237 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso de hoja de papel} = 0.0056 \text{ kg/hoja}$$

$$\text{Peso total de papel usado (kg)} = 0.0056 \frac{\text{kg}}{\text{hoja}} * 175500 \text{ hojas}$$

$$\text{Peso total de papel usado} = 982.8 \text{ kg}$$

Para el establecimiento del factor de emisión del papel se tomó en cuenta lo propuesto por Saavedra-Navarro (2017), el cual utilizó como fuente el “Boletín informativo con publicación 1374.1: Factores de emisión de gases de efecto invernadero del papel fotocopia de oficina” hecho en octubre de 2013 por la Autoridad de protección ambiental EPA Victoria.

El autor indica según el documento citado que existen dos tipos de papel de oficina: el papel nuevo o virgen y el papel reciclado.

Las fuentes de emisión asociadas al consumo del papel son:

- La energía de la red eléctrica utilizada en la fábrica de papel.
- La fuente de energía para el calor requerido en los procesos de despulpado y producción.
- Transporte del papel al mercado.

En general, la producción de papel virgen genera menos emisiones que el papel reciclado, debido a que el papel virgen utiliza para su proceso productivo la biomasa de los restos de la madera; mientras que el papel reciclado utiliza combustibles fósiles y el 50% de los procesos de producción de papel reciclado emplean el destintado.

Saavedra-Navarro (2017) concluye que el factor de emisión para el papel utilizado en la empresa EDEGEL corresponde a un valor de:

$$FE = 1.08 \text{ kgCO}_2\text{eq/ kg de papel}$$

Este factor de emisión del papel no difiere en gran medida del valor presentado en el documento Memoria de Emisiones GEI en base al año 2014 de ECODES (2015), que presenta un factor de emisión para papel usado y su valor es el siguiente:

$$FE = 0.956 \text{ kgCO}_2\text{eq/ kg de papel}$$

El factor de emisión para el papel puede asumirse equivalente al reportado, ya que los procesos productivos son similares y por lo tanto la generación de GEI asociados a ellos perfectamente reproducibles. En el tema específico de la actual investigación se tomará como FE para el papel utilizado en la FIA – UNI como el reportado en la investigación de Saavedra-Navarro (2017) debido a que éste fue determinado en el país.

Para el caso del papel reciclado, se verificó información sobre el consumo de este tipo de papel en la FIA – UNI por lo que se consideró el factor de emisión reportado en el documento “Factores de emisión de gases de efecto invernadero del papel fotocopia de oficina” (EPA Victoria, 2013), el cual es el siguiente:

$$FE = 1.28 \text{ kgCO}_2\text{eq/ kg de papel}$$

Se determinó que en la FIA – UNI no se consume papel reciclado, sin embargo si se utilizan otros tipos de papel en las actividades académicas como el papel Bulky (27000 hojas) y el Cuadriculado (23000) para exámenes (Anexo 2). En ambos casos se consideró que eran papeles vírgenes debido a que el papel Bulky se fabrica con material vegetal, en su caso con bagazo de caña, siendo esta la principal diferencia respecto al papel bond y el Cuadriculado es un tipo de papel bond pero de menor gramaje. En el caso del papel Bulky el gramaje más común es de 52 g/m² y el papel Cuadriculado tiene un gramaje aproximado de 60 g/m² datos obtenidos de Paez-Makro Pape (2018) y Conversiones AYMARA E.I.R.L (2018)

En la tabla 11. Se presentan los resultados logrados de la emisión total de GEI debida al uso de papel en la FIA – UNI.

Tabla 11. Resultado del cálculo de emisión para el papel usado en la FIA – UNI

Tipo	Peso de papel (Kg)	FE (KgCO ₂ /Kg)	Emisión (KgCO ₂ eq)	Emisión (tCO ₂ eq)
Bond	982.8	1.08	1061.424	1.061424
Bulky	87.6	1.08	94.608	0.094608
Cuadrulado	86.1	1.08	92.988	0.092988
Total	1156.5		1249.02	1.24902

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que en un periodo académico se generan en la FIA – UNI aproximadamente 1.2 toneladas de CO₂eq producto del consumo de papel virgen en las áreas administrativas y académicas, valor que puede disminuir si se concientiza a un uso más racional de este recurso.

Hermosilla (2014) reportó para 3 Universidades colombianas valores de emisión por consumo de papel de aproximadamente 1% de las emisiones totales, lo que demuestra que la contribución de este factor es baja. Resultados similares fueron reportados por Rodas-Samayoa (2014) para la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

5.5.2. Emisión generada por residuos sólidos según el informe de Residuos sólidos 2017

Según el informe de sustentabilidad en la implementación de un programa de segregación de residuos sólidos en la FIA – UNI (Cornejo et al, 2017), en un lapso de una semana se producen aproximadamente 85.34 kg de desechos sólidos en las diferente áreas que conforman la FIA – UNI. La composición se señala en la tabla 12.

Tabla 12. Composición de los residuos sólidos generados en la FIA – UNI

Tipo de Residuo	Porcentaje
Materia Orgánica	30.1%
Papel y Cartón	13.9%
Plástico PET	12.8%
Plástico PEAD	1.5%
Otros Plásticos	5.0%
Otros Residuos	36.7%

Fuente: Cornejo et al (2017): Sustentabilidad de la implementación de un programa de segregación de residuos sólidos en la FIA – UNI

La emisión de GEI de los residuos sólidos está en función al tipo de residuo, por lo que se determinó su aporte por separado.

Estos datos fueron tomados en base a una población de 700 estudiantes en el año 2017, por lo que, para tener datos más aproximados para el periodo académico 2018-1 se realizó una proporcionalidad directa con la cantidad de estudiantes de este periodo (975 estudiantes). Así, los nuevos valores a tomar en cuenta para la cuantificación de los GEI son los siguientes:

En el lapso de una semana se producen 118.86 Kg de desechos sólidos en las diferentes áreas que conforman la FIA – UNI. La composición en porcentajes se señala en la tabla 12.

5.5.2.1. Residuos Plásticos

En el aspecto relacionado con el factor de emisión para los residuos plásticos, este va a depender del tipo, por lo que se muestra en la tabla 13, algunos factores tomados de Carbon Reduction Institute (2014).

Tabla 13. Factores de emisión por tipo de plástico

Tipo de Plástico	Unidad	FE (kgCO ₂ eq/Unidad)
Polipropileno (PP)	kg	1.343
Poliétileno de baja densidad (PEBD)	kg	1.477
Poliétileno de alta densidad (PEAD)	kg	1.478
Poliestireno (PS)	kg	2.763
Policloruro de vinilo (PVC)	kg	2.029
Poliétilentereftalato (PET)	kg	2.538

Fuente: Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile V1.0. Carbon Reduction Institute (2014).

Se observa que para el cálculo de la contribución de los desechos plásticos a los GEI fue necesario tener información de los tipos de plásticos generados dentro de los RSU de la FIA – UNI. La cantidad y tipo de plástico se obtuvo del informe “Sustentabilidad de la ejecución de un programa de segregación de residuos sólidos en la FIA – UNI” realizado por Cornejo et al (2017). Los datos tomados en cuenta para los cálculos son resultado de la proporcionalidad realizada en el ítem anterior para una mayor aproximación al periodo académico 2018-1.

Para calcular la contribución del consumo de plásticos a la emisión de GEI se determinaron los pesos correspondientes a cada tipo de plástico reportado en los residuos de la FIA – UNI, los cuales se observan en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de pesos de los residuos plásticos en la FIA – UNI

Tipo de plástico	Porcentaje	Peso (Kg)
Plástico PET	12.80%	15.21
Plástico PEAD	1.50%	1.78
Otros plásticos	5.00%	5.94

Fuente: Elaboración propia

La categoría de Otros Plásticos engloba o contabiliza los siguientes objetos de plástico: envolturas de galletas transparentes, envolturas de dulces, vasos de plástico, bolsas plásticas en general, pequeños objetos de plástico con alguna otra especificación. Según Harutun (2003) como citó Caicedo et al (2017), la mayoría de estos objetos de plástico están elaborados a base de PP (polipropileno) el cual es el más utilizado en envolturas de caramelos y dulces por ser más resistente y por sus cualidades aislantes de la humedad, aunque también se utiliza el PEBD (Polietileno de baja densidad) y el PET (Polietileno tereftalato).

Por lo anterior en la categoría de otros plásticos se asumió el factor de emisión del PP para el cómputo de la emisión de GEI. Los resultados se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados de emisión de GEI de los residuos plásticos

Tipo de plástico	Peso (Kg)	FE (KgCO ₂ /Kg)	Emisión (KgCO ₂ eq)
Plástico PET	15.21	2.538	38.60298
Plástico PEAD	1.78	1.478	2.63084
Otros plásticos	5.94	1.343	7.97742
Total			49.21124
Total en un periodo académico			787.37984

Fuente: Elaboración propia

Si se considera que este valor está en función a una semana de generación de residuos, el valor total de aporte de los plásticos a las emisión de GEI es de 787.38 kgCO₂eq equivalente a 0.78738 tCO₂eq, para un periodo académico de 16 semanas.

Si bien el valor de emisión es menor a otros calculados, no deja de ser importante la contribución de los residuos plásticos, debido que en su mayoría son elaborados a partir de derivados del petróleo y el gas natural, por lo que su aporte a la Huella de Carbono hay que tomarla en cuenta.

5.5.2.2. Residuos de Papel y Cartón

Ahora bien, en lo que respecta a los restos de papel y cartón, el factor de emisión se tomó del establecido por De Toro et al (2017) como:

$$FE=0.056 \text{ kgCO}_2\text{eq/kg}$$

Se debe tomar en cuenta que este factor de emisión es correspondiente con los residuos de papel y no con el papel usado y desechado (tomado en cuenta en el ítem 5.5.1.). Este factor se utilizó entonces al computar la Huella de Carbono de los residuos de papel y cartón contabilizados como parte de residuos sólidos producidos en la FIA – UNI.

Como se observó en la tabla 12, el 13.9% de los RSU generados en la FIA – UNI durante una semana pertenecen a la categoría de papel y cartón, lo que representa 16.52 kg semanales. Aplicando el factor de emisión investigado para este tipo de residuos que es de 0.056 kgCO₂eq/kg, se obtiene que se emiten 0.92512 kgCO₂eq semanalmente, equivalentes a 14.8 kgCO₂eq durante un periodo de 16 semanas.

Se debe aclarar que la emisión calculada a través de este factor de emisión se refiere a los GEI generados durante todo el proceso productivo de estos residuos, así como su transporte y no a la emisión debida a su biodegradación, la cual se calcula como parte de la Materia Orgánica. El valor se puede expresar también como 0.0148 tCO₂eq.

5.5.2.3. Materia Orgánica

En el proceso de desintegración anaeróbica de los residuos orgánicos acumulados en la disposición final de restos sólidos (VRS) se originan emanaciones de metano (CH₄). La basura orgánica se degrada a una proporción descendiente y demoran varios años en hacerlo completamente. En este caso la Huella de Carbono se calcula en función a la emisión de CH₄

y luego se determina su equivalente en CO₂ para lo cual se multiplica el valor obtenido por el potencial de calentamiento global del CH₄ como gas de efecto invernadero por los próximos 100 años, el cual es de 25 según la Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories (EPA, 2018)

La Huella de Carbono para los residuos orgánicos se calculó mediante la ecuación descrita por la IPCC, tomando en cuenta el Método por defecto:

$$\text{Emisiones de CH}_4 (\text{tCH}_4/\text{año}) = [(\text{RSU}_T * \text{RSU}_F * \text{Lo}) - \text{R}] * (1 - \text{OX})$$

Donde:

RSU_T = Cantidad total de residuos generados, t/año

RSU_F = Cantidad de residuos eliminados en el VRS, t/año

Lo = Potencial de generación de metano, tCH₄/t de desecho

R = CH₄ recuperado en el VRS (Valor por defecto = 0)

OX = Factor de oxidación (valor por defecto = 0)

$$\text{Lo} = \text{FCM} * \text{COD} * \text{COD}_F * F * \frac{16}{12}$$

Donde:

FCM = Factor de corrección para el metano

COD = Carbono orgánico degradable, tC/t de residuo

COD_F = Fracción de carbono no asimilable (Valor por defecto = 0.5)

F = Fracción por volumen de CH₄ en el gas de vertedero (Valor por defecto = 0.5)

$$\text{COD} = (0.4 * A) + (0.17 * B) + (0.15 * C) + (0.3 * D)$$

Donde:

A = La fracción de RSU compuesta de papel y textiles

B = La fracción de RSU formada por desechos de jardín, desechos de parques u otros elementos orgánicos, excluidos los alimentos

C = La fracción de RSU compuesta de restos de alimentos

D = La fracción de RSU compuesta de madera o paja

Según el informe presentado por Cornejo et al (2017), los residuos sólidos generados en la FIA – UNI se clasificaron contabilizando la Materia Orgánica mezclada (restos de alimentos y algunos residuos de origen vegetal y animal) y el papel y cartón se contabilizó separadamente, se redujo la ecuación del cálculo de COD de la siguiente forma:

$$\text{COD} = (0.4 * A) + (0.62 * B)$$

Donde:

A = La fracción de RSU compuesta por papel, cartón y textiles

B = La fracción de RSU compuesta por Materia Orgánica en general

Para el factor de corrección del metano (FCM), se debe tomar en cuenta el control, disposición de desechos y gestión del sitio en el que se vierten los residuos sólidos. De acuerdo a la presente investigación, se tomó en cuenta que los RSU de la FIA – UNI tienen como destino de disposición al relleno sanitario Zapallal del distrito Puente Piedra en Lima, por lo que sus características fueron obtenidas del “Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia de Lima 2015 -2025” realizado por la Alcaldía Metropolitana de Lima. En la tabla 16. Se especifican los valores por defecto de este factor.

Tabla 16. Clasificación de los VRS y factores de corrección del metano

Tipo de VRS	Valor por defecto de FCM
Gestionado anaeróbico	1
Gestionado semi-aeróbico	0.5
No gestionado profundo (>5 m desechos)	0.8
No gestionado poco profundo (<5 m desechos)	0.4
VRS no incluidos en ninguna categoría	0.6

Fuente: Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia de Lima 2015 -2025

Luego de determinar las emisiones de CH₄ se determinó la emisión de CO₂ equivalente:

$$\text{Emisión de CO}_2\text{eq} = \text{Emisión de CH}_4 * 25$$

Adicional al cálculo de las emisiones de los residuos orgánicos en el VRS, se debe tomar en cuenta la generación de GEI en el transporte de los mismos, sin embargo este valor fue descartado ya que la recolección es realizada por el servicio externo a la FIA – UNI, lo que dificulta determinar la distancia efectiva recorrida por los camiones recolectores.

La parte mayoritaria de los residuos sólidos generados lo representa la Materia Orgánica. En el cálculo de la emisión de GEI de la Materia Orgánica se toma en consideración los residuos orgánicos (restos de comida, restos vegetales, etc.), así como los residuos de papel y cartón que son considerados como material biodegradable en el relleno sanitario al cual se envían para su disposición final.

En la tabla 17 se exponen los resultados conseguidos al calcular las emisiones generadas por los residuos biodegradables con las consideraciones tomadas en cuenta para el cálculo.

Tabla 17. Resultados de la emisión por Materia Orgánica de los residuos

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
RSU _T	5.705	t/año	Calculado a partir del valor reportado en Kg/semana
RSU _F	5.705	t/año	La totalidad de los RSU son dispuestos en el relleno sanitario
R	0	t/año	Valor por defecto según directrices de la IPCC
OX	0		Valor por defecto según directrices de la IPCC
FCM	0.5		Se considera que el relleno sanitario Zapalla es de tipo Gestionado semi-aeróbico.
COD _F	0.5		Valor por defecto según directrices de la IPCC
F	0.5		Valor por defecto según directrices de la IPCC
COD	1.38	tC/tRSU	Calculado a partir de la respectiva ecuación
Lo	0.23	tCH ₄ /tRSU	Calculado a partir de la respectiva ecuación
Emisión	7.496	tCH ₄ /año	

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que el potencial de calentamiento global del metano como GEI es 25 veces mayor al dióxido de carbono, para calcular la emisión equivalente del CO₂ respecto al CH₄, se multiplicó el valor obtenido por 25 obteniéndose 187.39 tCO₂eq/año. La investigación se delimitó a un periodo académico de 16 semanas por lo tanto el valor de emisión es de 62.466 tCO₂eq/periodo equivalente a 62 466 kgCO₂eq/periodo.

5.6. Cuantificación de las emisiones generadas por el consumo eléctrico y de combustible fósil.

5.6.1. Emisión por consumo eléctrico

Para calcular la emisión de CO₂ equivalente debida al gasto eléctrico en la subestación de la FIA – UNI se utilizaron los datos de consumo que se exponen en el Tabla 18. Cuadro resumen de las mediciones efectuadas en la subestación de la facultad de Ingeniería Ambiental.

Tabla 18. Cuadro resumen de las mediciones efectuadas en la Subestación de la FIA-UNI

CUADRO RESUMEN DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN LA SUBESTACION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL					
PARAMETROS ELECTRICOS	24-abr	25-abr	28-abr	30-abr	02-may
HORA DE LA MEDICION (HR:MIN)	13:11	13:41	09:43	21:05	13:49
FRECUENCIA DEL SISTEMA (HZ)	60	60	60.05	59.95	60
TENSION ELECTRICA (VOLTIOS)	232.6	232.6	229.6	234.25	232
CORRIENTE ELECTRICA (AMPERIOS)	50.4	65.6	53.6	31.2	55.2
MAXIMA DEMANDA (KW)	48.32	48.32	48.32	48.32	igual
POTENCIA ACTIVA (KW)	21.248	26.88	21.248	13.12	19.376
POTENCIA REACTIVA (KVAR)	4.368	4.368	0.544	0.624	3.12
POTENCIA APARENTE (KVA)	21.872	27.504	22.496	13.12	20.624
FACTOR DE POTENCIA (-)	0.97	0.98	1.00	1.00	0.97
ENERGIA ACTIVA TOTAL (KWh)	622464	622960	624160	624976	625440
ENERGIA FUERA DE PUNTA (KWh)	499264	499632	500544	501216	501664
ENERGIA EN PUNTA (KWh)	123200	123312	123616	123760	123776
ENERGIA REACTIVA TOTAL (KVARh)	376176	376224	376336	376384	376416

CUADRO DE LAS ENERGIAS EN PUNTA Y FUERA DE PUNTA Y TOTAL EN LA SUBESTACION DE LA FACULTAD			
ENERGIA ACTIVA TOTAL DIARIA (KWh)	419	ENERGIA ACTIVA TOTAL SEMANAL (KWh)	2976
ENERGIA FUERA DE PUNTA DIARIA (KWh)	325	ENERGIA FUERA DE PUNTA SEMANAL (KWh)	2400
ENERGIA EN PUNTA DIARIA (KWh)	94	ENERGIA EN PUNTA SEMANAL (KWh)	576

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

Como se observa en los datos reportados en la tabla anterior, existe una tendencia al aumento del consumo respecto a los días de medición, sin embargo se debe tener presente que el consumo de energía principal es por 6 días a la semana, es decir los días en que hay actividades académicas y administrativas. Los días domingos no se llevan a cabo actividades en la FIA – UNI por lo que el consumo es menor a los demás días. Debido a lo anterior se asumió que el consumo se realiza de forma cíclica, siendo aproximadamente igual por semana, así el consumo total en el periodo académico se asumió como el consumo semanal multiplicado por las 16 semanas correspondientes. Asimismo, se debe mencionar que debido a una distribución eléctrica establecida, el consumo eléctrico de la Biblioteca no fue tomado en cuenta, ya que la energía viene de la Facultad de Petróleo y Petroquímica.

De acuerdo a los datos obtenidos, se determinó el consumo eléctrico de la Facultad como se señala en la tabla 19.

Tabla 19. Consumo eléctrico en la FIA – UNI

PERIODO DE TIEMPO	CONSUMO PROMEDIO (kWh)
1 HORA	17.45
1 DIA	419
1 SEMANA	2976
1 MES	11904
4 MESES	47616

Fuente: Oficina Central de Servicios Generales

Al realizar el cómputo de la emisión correspondiente al consumo eléctrico se multiplicó el consumo estimado para un periodo académico por el factor de emisión propuesto en el punto 5.2 para el SEIN por Saavedra-Navarro (2017). Los resultados se señalan en la tabla 20.

Tabla 20. Cálculo de la emisión de GEI por consumo eléctrico en la FIA – UNI

Consumo (kWh)	Factor de Emisión (kgCO₂eq/kWh)	Emisión (kgCO₂eq)	Emisión (tCO₂eq)
47 616	0.4239	20 184.42	20.184

Fuente: Elaboración propia

Se observa que se genera una cantidad importante de emisiones debida al consumo eléctrico, las cuales fueron de 20.184 toneladas de CO₂eq en un periodo de 16 semanas. Este valor debe ser tomado en cuenta ya que esta fuente de emisiones es en muchos casos la de mayor importancia debido al consumo de combustible asociado a ella. En el “Reporte de Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del 2015” publicado en abril de 2016 por GENTERA (2016), se reporta para el Perú un valor de emisiones por consumo eléctrico que representa el 64.7% del total de las emisiones. Lo anterior demuestra la importancia de este alcance en el cómputo de la Huella de Carbono.

El valor anterior se corrobora en el reporte del año 2017 donde se reportó que el consumo eléctrico generó el 57.0% de las emisiones para ese año (GENTERA, 2017)

Rodas-Samayoá (2014) estableció que las emisiones por consumo eléctrico en la Universidad Rafael Landívar de Guatemala era el factor de mayor importancia, ya que el Campus requiere de energía eléctrica en todas sus áreas. A conclusiones similares llegaron autores como De Toro et al (2016) para la Universidad de Córdoba.

5.6.2. Emisión generada por transporte de profesores, estudiantes, personal administrativo y de apoyo de la FIA – UNI

La emisión de GEI referida a la movilidad, está en función al gasto de combustible de los mecanismos de tránsito que utilizan los estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo de la FIA – UNI para trasladarse desde su lugar de residencia a la Facultad y viceversa. Los principales medios de transporte usados se listan en la tabla 21, donde también se muestra en términos porcentuales el uso de los mismos, obtenidos a partir de encuestas realizadas.

Tabla 21. Principales medios de transporte utilizados para llegar a la FIA-UNI

MUESTRA	Total	Auto	Ómnibus	Combi	A pie	Metropolitano
<i>Estudiantes pre y post</i>	276	31	164	10	18	53
<i>Docentes, pers. Adm. y de apoyo</i>	30	13	8	0	1	8
<i>Total</i>	306	44	172	10	19	61
<i>%</i>		14.4	56.2	3.3	6.2	19.9

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la contribución de los estudiantes a la muestra total fue mayoritaria, por lo que es de esperarse una mayor influencia de esta fracción de la muestra en los resultados obtenidos.

La distribución de la muestra encuestada y la contribución de cada uno de forma gráfica, separada entre estudiantes de pregrado, postgrado, docentes, personal de apoyo y administrativo y los tipos de transporte o de movilidad de los individuos que conforman la muestra, se observa en la figura 13.

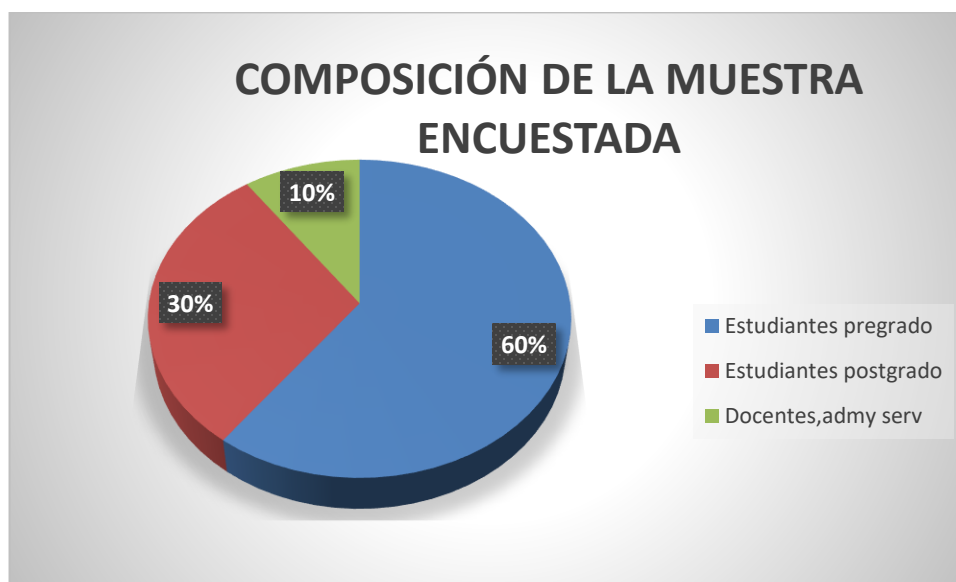


Figura 13. Distribución de la muestra encuestada
Fuente: Elaboración propia

El cómputo de la emisión por transporte, se hizo a partir del análisis de las encuestas realizadas. En la tabla 22 se exponen las particularidades de la muestra tomada para las encuestas. El modelo de dicha encuesta se encuentra en el Anexo 3.

Tabla 22. Características de la muestra encuestada

MUESTRA	Total	Hombres	%	Mujeres	%
Estudiantes pregrado	217	132	60.8	85	39.2
Estudiantes postgrado	59	27	45.8	32	54.2
Docentes, pers. Adm. y apoyo	30	23	76.7	7	23.3
Total	306	182	59.5	124	40.5

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta el género, se contempla en la tabla 22 que la muestra estuvo constituida en mayor proporción por hombres (59.5%), sin embargo, también se puede observar que en el caso de los estudiantes de postgrado, las mujeres representaron la fracción mayoritaria con 54.2%. El uso de los diferentes medios de transporte no está definido por el género, por lo que esta estadística solo indica la distribución de la muestra. En la figura 14 se muestra la distribución de la muestra por sexo.

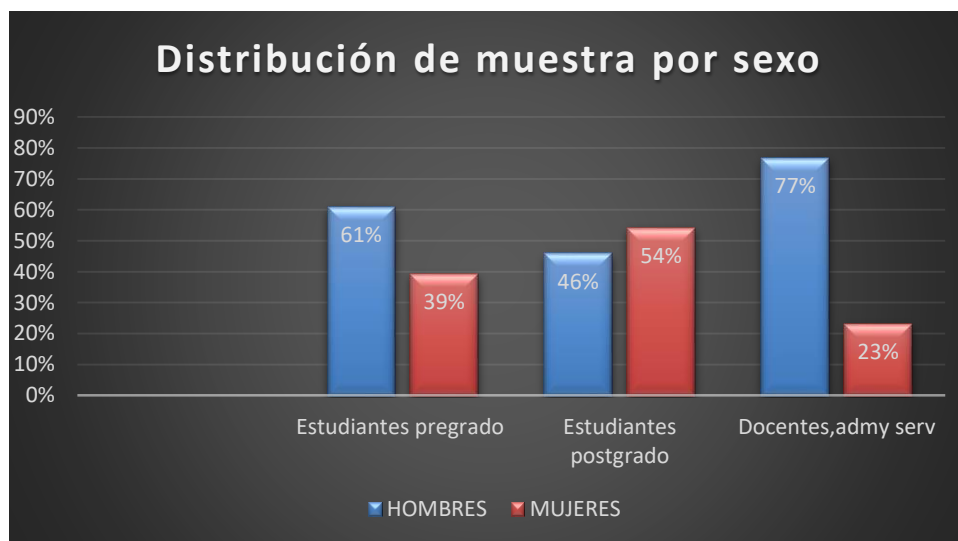


Figura 14. Distribución por sexo en la encuesta
Fuente: Elaboración propia

El transporte utilizado con mayor frecuencia es el Ómnibus con un 56.2%, seguido por el Metropolitano con 19.9% y el Auto con 14.4%. Siendo los combustibles utilizados por los Ómnibus y los Autos los que más aportan a la Huella de Carbono por poseer los mayores factores de emisión, es evidente que el cálculo general está influenciado en gran medida por ellos. A pesar de que el transporte Metropolitano utiliza un combustible que genera menor cantidad de emisiones, su alta frecuencia de uso puede influir de forma importante en su contribución a la Huella de Carbono.

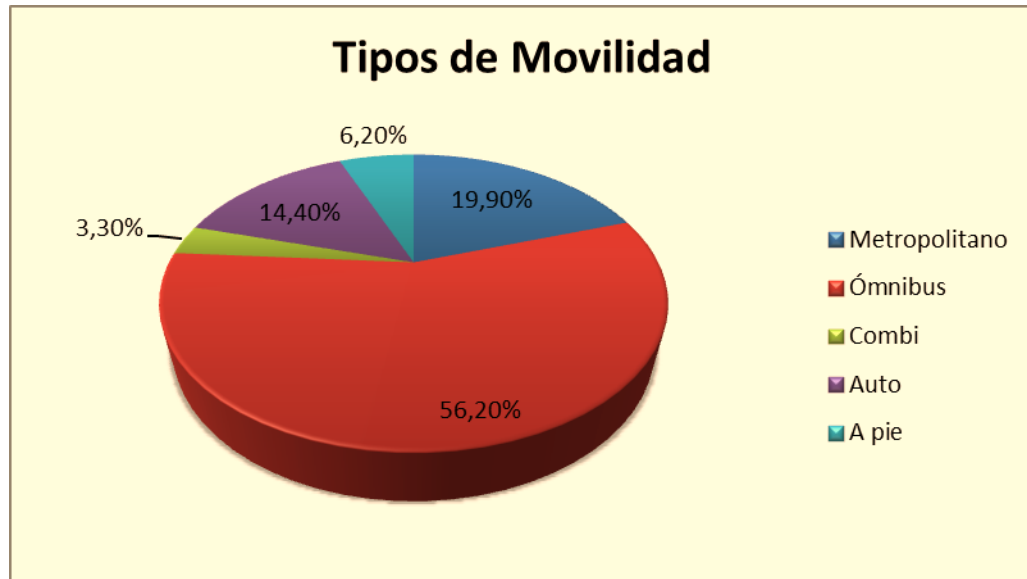


Figura 15. Distribución porcentual de los tipos de movilidad

Fuente: Elaboración propia

Para establecer la significancia estadística de la muestra total tomada para el cómputo de la emanación por transporte, se aplicó la ecuación de tamaño muestral propuesta por autores como Aguilar-Barojas (2005); Valdivieso et al (2011) y Morales (2012)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

donde:

n = número de muestras

N = Total de la población

Z_{α} = Valor que depende del grado de confianza estadística

p = Proporción esperada

q = 1 – p

d = Precisión

Los valores de Z_{α} , se señalan en la tabla 23 y están en función al error

Tabla 23. Valores de Z_{α} para determinar tamaño muestral

Error (%)	Z_{α}
1	2.576
2.5	2.24
5	1.96
10	1.645

Fuente: Valdivieso et al (2011)

De una población total de 1125, se obtuvo una muestra de 306 sujetos encuestados, al hacer los cálculos correspondientes, se obtuvo un margen de error de 6%, lo que indica que se tiene una confianza estadística de 94%.

De la muestra escogida 306, para el cómputo de la Huella de Carbono, 276 fueron estudiantes de pregrado y postgrado, representando un 90.19 % del total de la muestra. Se encuestaron 30 entre docentes, personal administrativo y de apoyo que representa 9.80% del total de la muestra. Tomando en cuenta la población total 1125 de todo el personal de la facultad, los estudiantes representaron el 36.0% y los profesores, personal administrativo y de apoyo el 3.9%, lo que significa que la muestra tomada representó el 39.9% de la población. Este muestreo fue del tipo probabilístico y estratificado; considerándose para este último criterio 2 grupos ocupacionales: 1. Estudiantes de pregrado y postgrado y 2. Docentes y trabajadores. Considerándose como fundamento de la estratificación el uso de vehículos de transporte personal.

En la tabla 24. Se observan los resultados de emisión por movilidad obtenidos para un periodo académico de 16 semanas.

Tabla 24. Resultados de la emisión por movilidad

MUESTRA	Emisión (kgCO₂eq) Muestra	Emisión (kgCO₂eq) Población total	%
Alumnos	17406.49	61490.32	73.17
Docentes/Adm/Apoyo	4510.11	22550.55	26.83
Total	21916.60	84040.88	100.00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura 16, la contribución porcentual de los estudiantes es mayoritaria con 73.17%, siendo este resultado concordante con otras investigaciones similares como la de De Toro et al (2016) y Rodas-Samayoa (2014) ya que en ambas investigaciones se corroboró que la movilidad de los estudiantes representa el mayor aporte en el cómputo de la Huella de Carbono, influenciada por supuesto por el tipo de vehículo y el combustible, al igual que en la presente investigación.

Común & Saavedra (2017), calcularon para la Universidad Agraria La Molina la Huella de Carbono debido al movimiento de estudiantes y docentes, llegando a la conclusión de que la mayor contribución fue de los estudiantes de pregrado en 80.0%, lo que coincide con lo encontrado en la presente investigación, los autores atribuyen el valor a los mismos factores identificados.

Se debe resaltar que los resultados obtenidos en esta investigación para la muestra fueron obtenidos a partir de una proporcionalidad a la población total, lo que es estadísticamente significativo debido a que la muestra tiene un margen de confianza de 94%.

Se contempla que el superior aporte a la Huella de Carbono de la FIA – UNI por movilidad corresponde a los estudiantes, debido a dos factores principales: la mayor cantidad de esta fracción de la muestra estudiada y a la mayor frecuencia de asistencia a la Facultad. El valor de emisión calculado equivale a 84 040.88 kgCO₂eq/periodo. Los resultados porcentuales se observan en la figura 16.

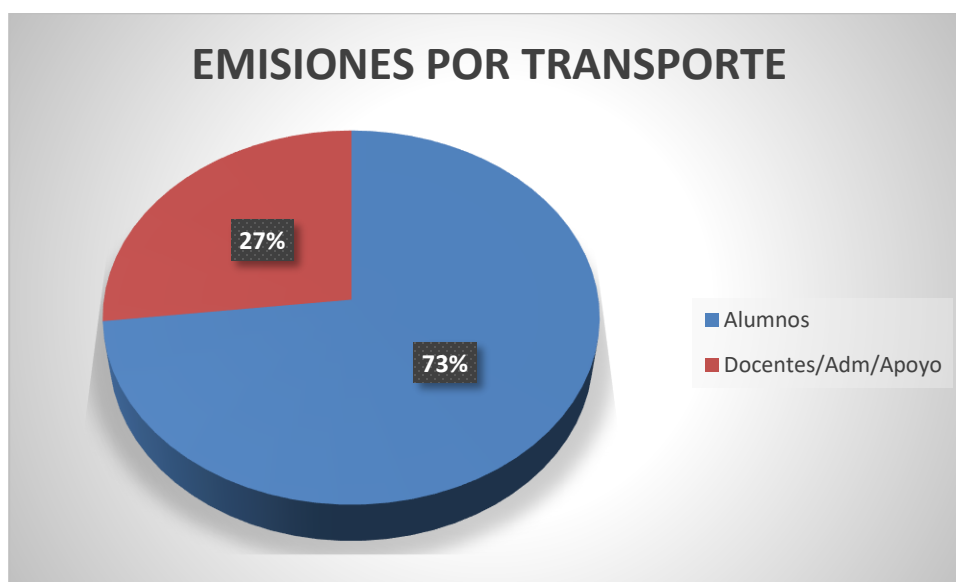


Figura 16. Distribución de las emisiones calculadas respecto a la muestra relacionada al transporte

Fuente: Elaboración propia

5.7. Resultados totales

5.7.1. Resultados por fuente de emisión

Luego de calcular la emisión de GEI por cada fuente identificada en la FIA – UNI, se tabularon todos en la tabla 25, con la finalidad de analizar en conjunto las emisiones por fuente de generación.

Tabla 25. Resultados totales de emisión de GEI en la FIA-UNI

Fuente de Emisión	Emisión (kgCO ₂ eq)	%
Consumo eléctrico	20184.42	11.96
Consumo de papel	1249.02	0.74
Residuos de plástico	787.38	0.47
Residuos de papel y cartón	14.80	0.01
Residuos orgánicos	62466.00	37.02
Transporte	84040.88	49.80
Total	168742.50	100.00

Fuente: Elaboración propia

Los resultados señalados en la tabla 25, indican que el significativo impacto a la Huella de Carbono de la FIA – UNI es del transporte de los estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo con 49.80%, seguido por los residuos orgánicos con 37.02%. Los resultados pueden apreciarse gráficamente en la figura 17.

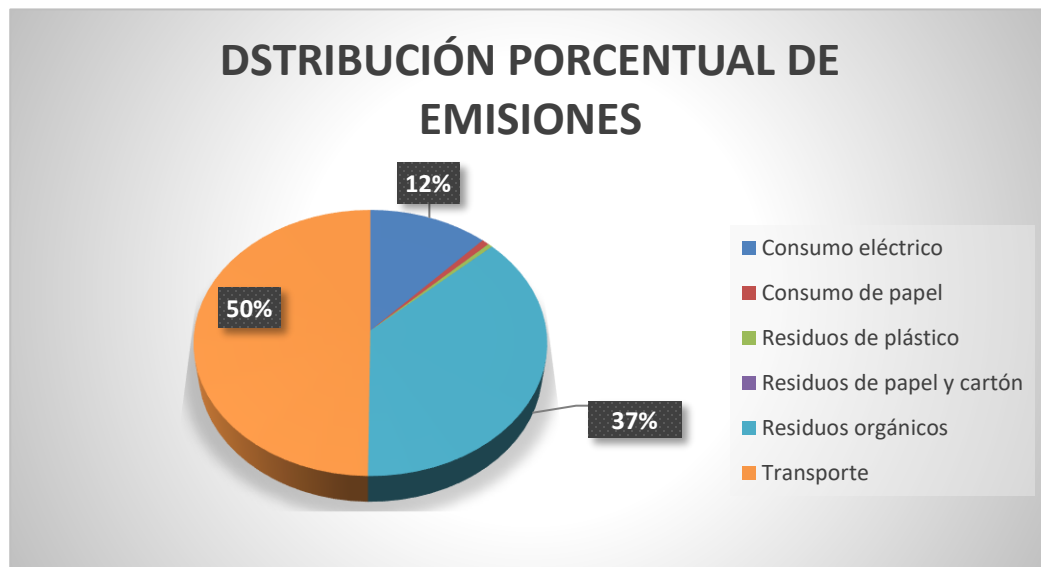


Figura 17. Distribución porcentual de emisiones en la FIA-UNI por fuente

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son consistentes con otras investigaciones como la desarrollada en la PUCP en el año 2016 donde se concluyó que la gran

contribución a la Huella de Carbono de la Universidad fue del transporte de los estudiantes y profesores con un 71.6%. El consumo de combustible por fuentes móviles también fue reportado como el más importante por Bambarén-Alatrística & Alatrística-Gutiérrez (2016) con un 46% para sociedades de salud del tercer de nivel de cuidado en Perú. SURA Perú (2016) reportó, para el año 2016 en su reporte anual de emisiones de GEI para Perú, valores relativos que ubican al transporte como la principal fuente con 51.3%.

En los resultados influye de manera determinante el alto consumo de combustible fósil por parte del transporte utilizado por los estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo, que se incrementa por la frecuencia de uso y el tiempo que los vehículos permanecen en el tráfico. Por otro lado, el gasto de energía eléctrica para mantener las tareas propias de cualquier organismo educativo es por su naturaleza entre el segundo y tercer factor de importancia, debido a que en el caso particular de la FIA – UNI la electricidad proviene en su totalidad de fuentes de generación que producen cantidades importantes de emisiones como lo son la Hidroeléctrica y la Termoeléctrica.

En las fuentes citadas, también se concluye que las emisiones por consumo eléctrico se ubican entre la segunda y tercera importancia, lo que también es consistente con lo obtenido en la presente investigación. También Salazar (2015) al calcular la Huella de Carbono en la Universidad San Francisco de Quito, concluyó que el 69.7% de las emisiones corresponde al transporte de estudiantes y profesores y el 14.0% fueron contabilizadas como producto del consumo eléctrico, siendo estos los dos factores principales.

Otro factor de importancia en la Huella de Carbono, lo representan los Residuos Sólidos Orgánicos con 37.02% de las emisiones totales, siendo el segundo en importancia. Este resultado también coincide con los obtenidos por Salazar (2015) de 3.1% y Bambarén-Alatrística & Alatrística-Gutiérrez (2016) de 10%; en ambas investigaciones este factor estuvo entre los tres primeros en importancia.

Las emisiones por este factor pueden disminuirse promoviendo prácticas de segregación de residuos, reutilización, reciclaje y compostaje de la Materia Orgánica. También se pueden proponer medidas para recuperar el CH₄ generado en el relleno sanitario y su uso posterior.

5.7.2. Resultados por Alcances

En la tabla 26 se exponen los resultados totales derivados por todo alcance planteado en la investigación.

Tabla 26. Resultados de emisión por alcance

Fuente de Emisión	Emisión (kgCO ₂ eq)	%
Alcance 2	20184.42	11.96
Alcance 3	148558.08	88.04
Total	168742.50	100.00

Fuente: elaboración propia

Al igual que lo observado en la tabla 25, en el resultado por alcance (tabla 26) se tiene que la mayor cantidad de emisión de CO₂eq corresponde a las otras fuentes indirectas, es decir a las que corresponden al alcance 3 con 88.04 % del total. Este resultado coincide con otros reportados en investigaciones similares, como la realizada en la PUCP en 2016 donde el alcance 3 representó más del 90% de las emisiones generales. Hermosilla et al (2014) reportó que el alcance 3 aportó el 79.0% de las emisiones registradas en la Universidad de Cartagena, De Toro et al (2016) también reporta una mayor contribución del alcance 3 en la Universidad de Córdoba con 45.0%. Los resultados gráficos pueden observarse en la figura 18.

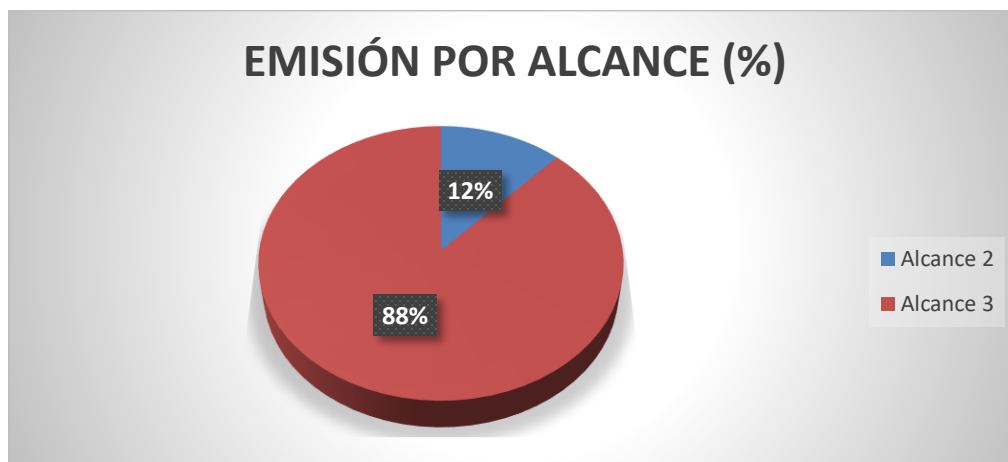


Figura 18. Distribución porcentual de las emisiones en la FIA-UNI por Alcance

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica mostrada en la figura 18, se hallan simbolizadas en forma relativa las emanaciones de CO₂eq totales obtenidas por cada uno de los alcances; donde destaca, como ya se mencionó, el aporte mayoritario de las fuentes indirectas y que las fuentes directas no contabilizaron emisiones por las condiciones propias de la investigación.

La empresa SURA Perú (2016) reportó que para Perú en general se sigue la misma tendencia observada en la investigación realizada y las que se tomaron como referencia. En Perú para el año 2016 la contribución del alcance 3 a las emisiones fue de 70.46% y el alcance 2 aportó 28.59%. Díaz (2015) también reportó que en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, la contribución del alcance 3 a la Huella de Carbono fue mayoritaria y representó el 58%.

El alcance 3 en todos los casos representa la mayor fuente de emisiones debido a la influencia del consumo de combustible por transporte, que como se analizó previamente es el factor de mayor peso en el cómputo de la Huella de Carbono, además es necesario adicionar el aporte de los Residuos Sólidos (papel, cartón, plástico y materia orgánica), representan factores importantes en la emisión de CO₂, que deben ser controlados.

5.7.3. Cálculo de la Incertidumbre

Para establecer el grado de incertidumbre que se tuvo al realizar el cómputo de la Huella de Carbono de la FIA – UNI en el periodo 2018 – 1, se utilizó el procedimiento descrito en el documento “*GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty*” (gasNatural fenosa, 2013). Este procedimiento es un paso para establecer la cualidad de la información obtenida durante el cálculo de los inventarios de GEI. Se tomó el procedimiento del cálculo de incertidumbre para datos de una muestra combinada de datos indirectos, que depende de parámetros estadísticos como media, desviación estándar e intervalos de confianza. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \text{ (media aritmética)}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \text{ (desviación estándar)}$$

$$\text{Incertidumbre individual} = \frac{s * t}{\sqrt{N}}$$

En el caso de la incertidumbre combinada para fuentes indirectas (Alcance 3), se tiene:

$$\text{Incertidumbre} = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^E (\text{Numero Datos}_i * \text{Incertidumbre}_i)$$

El valor de E es el número total de datos, es decir la sumatoria de los datos por cada alcance o fuente indirecta.

Los valores de t para el cálculo de las incertidumbres individuales se exponen en la tabla 27.

Tabla 27. Factores t para nivel de confianza de 95%

Número de medidas o datos	Factor t para 95%
3	4.30
5	2.78
8	2.37
10	2.28
50	2.01
100	1.98
8	1.98

Fuente: GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Tabla 1.

Luego de aplicadas las ecuaciones, el valor de incertidumbre de los resultados, fue de $\pm 8\%$ respecto al valor calculado para el total de las emisiones. Este valor estimado de la incertidumbre, se compara con los valores estándares expuestos en la tabla 28, en la que establecen los niveles de incertidumbre por intervalos.

Tabla 28. Rangos de precisión de datos e intervalos correspondientes usados en GHG Protocol uncertainty tool.

Precisión de los datos	Intervalos para el porcentaje del valor principal
Alto	$\pm 5\%$
Bueno	$\pm 15\%$
Justo	$\pm 30\%$
Pobre	$>30\%$

Fuente: GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Tabla 2.

De la comparación se establece que el resultado del cómputo de la Huella de Carbono realizado presenta un nivel de precisión entre bueno y alto por lo que se valida el mismo y se tiene un nivel de certeza estadística buena respecto al resultado obtenido. El resultado es concordante con la incertidumbre reportada en el cómputo de la Huella de Carbono en la Universidad Autónoma de Occidente de Envigado, Colombia año 2014 (2015) que fue de $\pm 6.4\%$, ubicándose también dentro de un rango bueno. Chacón et al (2012) reportó para las emisiones de GEI en Costa Rica un valor de incertidumbre que también

concuerta con el obtenido en esta investigación, el cual fue de $\pm 6.1\%$, considerado de igual forma como bueno. Otro resultado que concuerda con lo obtenido fue el reportado por Melo-Castillo (2018), quien muestra que para la Universidad Católica del Ecuador la incertidumbre en el cómputo de la Huella de Carbono fue de $\pm 7\%$, también considerada buena.

5.7.4. Resultados obtenidos respecto al total nacional

Según el reporte de proyección de emisiones en Perú entre el año 2012 y 2030 (MINAM, 2016) el valor de emisiones totales se estima en 216 675 000 tCO₂eq para el año 2018. Tomando como referencia el valor anterior, se puede decir que en un periodo de 16 semanas, donde las emisiones totales de la FIA son de 168.74 tCO₂eq, se estima que el aporte de las emisiones de la FIA – UNI calculadas en esta investigación representan+ aproximadamente el 0.00007% de las emisiones totales que se generan en el país de acuerdo a los datos suministrados en la referencia mencionada.

Como este valor es reportado por la autoridad nacional para el ambiente, fue tomado como referencia, con lo que se puede decir que a pesar que el valor obtenido en términos relativos es pequeño, no deja de ser significativo dado el valor puntual que éste representa.

Otro estudio que reporta un valor de emisiones para la ciudad de Lima es el presentado por Guzmán et al (2016), que muestra un valor de 15 432 105 tCO₂eq/año. Tomando como referencia este valor, el aporte de la FIA – UNI a la Huella de Carbono de la Ciudad de Lima es de aproximadamente 0.001%. Al igual que en el caso anterior, se tiene un aporte bastante importante de la Huella de Carbono, a pesar de observarse un valor relativo pequeño.

5.7.5. Resultados respecto a otras instituciones educativas nacionales e internacionales

Para comparar los resultados obtenidos con los reportados por otros autores para instituciones educativas, se procedió a determinar la Huella de Carbono per cápita, es decir, el aporte de cada persona de manera individual a la Huella de Carbono, los resultados se representan en la tabla 29.

Tabla 29. Huella de Carbono por persona reportada por Universidades

Institución	País	HC (tCO ₂ /persona)	Fuente
Universidad de Córdoba	Colombia	0.42	De Toro et al (2015)
FCFM	Chile	1.00	Díaz (2015)
Universidad de Cartagena	Colombia	1.07	Hermosilla (2014)
Universidad San Jorge	España	1.22	Hermosilla (2014)
UNALM	Perú	0.20	Común y Saavedra (2017)

Fuente: Elaboración propia

La Huella de Carbono por persona para la FIA – UNI calculada en esta investigación, fue de 0.15 tCO₂eq/persona en 1 periodo académico, valor que se encuentra por debajo de los reportados en la tabla 29, es de hacer notar que la Huella de Carbono depende del método de cómputo, de los factores de emisión que se utilicen y de las fuentes en cada una de las instituciones, además de la cantidad de personas que hacen vida en ellas; por lo que esta comparación es a modo referencial. Se contempla que la menor Huella de Carbono reportada fue la de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), seguida de la Universidad de Córdoba. Las otras Universidades citadas presentan Huellas de Carbono hasta seis veces la calculada en este estudio.

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. DISCUSIÓN

- El resultado obtenido (168.74 tCO₂eq) tiene un valor cercano a la hipótesis planteada (190 tCO₂eq). Asimismo, los resultados por tipo de fuente y por alcance van en concordancia con la bibliografía consultada, definiendo como principales aportantes de emisiones al consumo de combustible fósil, generación de residuos y consumo de energía eléctrica.
- Si bien es cierto, la metodología GhG Protocol es de gran aceptación mundial para ayudar a las organizaciones en su inventario de GEI o Cálculo de la Huella de Carbono, en el Perú aún no se toma en cuenta de forma masiva por las organizaciones, a pesar que éste podría significar un importante indicador de sostenibilidad o como una herramienta de competitividad para ellas. Esto se puede evidenciar por la falta de Factores de Emisión locales de fuentes oficiales en materia ambiental como el propio Ministerio del Ambiente.
- El cálculo de la Huella de carbono de la FIA - UNI para el periodo académico 2018 – I se debe tomar como un punto de partida para emplear medidas de Ecoeficiencia y así disminuir las emisiones de GEI a nivel FIA y de toda la UNI. Este estudio sienta las bases para el desarrollo de la sostenibilidad de la actividad académica de la UNI, ya que contabiliza las emisiones de las principales fuentes que son características en todas las facultades y áreas administrativas.
- Las principales limitaciones del presente estudio se deben a que la FIA, y la UNI como tal, no cuentan con un sistema uniforme y estandarizado de reporte de materiales, consumo energético, combustibles u otros, que permitan un adecuado manejo de datos.

6.2. CONCLUSIONES

- Según lo determinado en el GHG Protocol, en la FIA – UNI se identificaron solo fuentes indirectas (alcance 2 y alcance 3) para el cómputo de la Huella de Carbono, debido a que no cuenta con equipos o movilidad propia que formen parte significativa del cálculo, consideradas como fuentes directas (alcance 1).
- Las fuentes de emisiones identificadas en la FIA – UNI fueron: el gasto de energía eléctrica, el gasto de papel de oficina, la producción de residuos sólidos y el gasto de combustible debido a la movilidad de estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo.
- La Huella de Carbono formada en la FIA – UNI para el periodo académico 2018 – 1 fue calculada en 168 742.50 kgCO₂eq, equivalentes a 168.74 tCO₂eq. Este valor representó para la ciudad de Lima el 0.001% y para el país en general, el 0.00007%.
- La mayor aportación a la Huella de Carbono de la FIA – UNI fue de las fuentes móviles, es decir, las debidas al traslado de estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo, con 49.80% del total.
- Los residuos sólidos en total generados en la FIA – UNI durante un periodo académico fueron identificados como la segunda fuente de emisiones en importancia con 38.23% de aporte.
- Siguiendo esta secuencia, la tercera fuente de mayor importancia fue la energía eléctrica en la FIA – UNI, que representó el 11.96%.
- Los resultados obtenidos mostraron que el alcance que aporta mayor cantidad de emisiones a la Huella de Carbono en la FIA – UNI fue el alcance 3, con un porcentaje de 88.04%, resultado que coincide en tendencia con los reportados en la bibliografía consultada.

6.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda un uso más eficiente de la energía eléctrica en la FIA – UNI para así disminuir el aporte de este factor a la Huella de Carbono, evaluando el gasto individual de los equipos que se utilizan para establecer un plan de ahorro energético, implementando tareas de preservación de energía así como constituir costumbres para el empleo eficaz de la energía.
- Dado que el transporte público es un factor que no puede ser controlado por la FIA – UNI, solo se puede recomendar que se implemente un plan de mejora del mismo por parte de la municipalidad para disminuir el tiempo de las unidades en el tráfico, además de implementar medidas para que se utilice el GNV como combustible, porque genera una mínima suma de emisiones.
- Se recomienda un programa de administración de residuos sólidos que pueda generar un eficiente manejo de los mismos, con el fin de reutilizar y reciclar los residuos como papel, cartón y plástico y utilizar la materia orgánica para producir compost con el que se pueda fertilizar las áreas verdes asociadas a la FIA – UNI.
- Se recomienda actualizar los factores de emisión de la red eléctrica nacional y los debido al consumo de combustible del transporte público, teniendo en cuenta que los mismos deben hacerlos de conocimiento público; lo cual ayudaría a la sociedad civil y a las organizaciones interesadas en cálculos de Huella de Carbono a obtener valores más actualizados, lo que mejoraría los procesos de certificación ambiental de las organizaciones.
- Para una adecuada implementación de medidas de Ecoeficiencia que permitan disminuir las emisiones en la FIA – UNI, se recomienda usar la “Guía de Ecoeficiencia para instituciones del Sector Público” publicada por el Ministerio del Ambiente (MINAM) con apoyo de otras organizaciones especializadas.
- Se recomienda que cada facultad y área administrativa de la Universidad Nacional de Ingeniería tome como base la presente investigación para calcular su Huella de Carbono, de forma que se tenga un resultado general para toda la universidad y tomar medidas de reducción promoviendo el desarrollo sostenible en la UNI.

- Asimismo, se recomienda la actualización del cálculo de emisiones de GEI cada periodo académico o año con el objeto de construir una línea base que dé seguimiento a la reducción o incremento de las emisiones.
- En general se recomienda a la comunidad universitaria, crear y participar en campañas de sensibilización respecto al cambio de cultura y hábitos para un mejor uso de los servicios universitarios (infraestructura, energía eléctrica, combustible, entre otros.)

En el Anexo 4 se pueden encontrar estas recomendaciones con un mayor desarrollo para cada fuente de emisión importante identificada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(2), 333-338.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2013). *Guía para la elaboración del informe de huella de carbono corporativa en entidades públicas del distrito capital*. Secretaría distrital de ambiente, Subdirección de políticas y planes ambientales. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=015755de-1e95-49fb-8c7c-667c4fb398fa&groupId=10157
- Ambrós, L., Calabria, I., Ripoll, O., & Roman, E. (2012). *Criterios de selección de una estándar para la medida de Huella de Carbono (tesis de maestría)*. Madrid, España: EOI Escuela de Organización Industria.
- Amestoy, J. (2010). *El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Quito, Ecuador: Editorial Club Universitario.
- Bambarén-Alatrística, C., & Alatrística-Gutiérrez, M. S. (2016). Huella de carbono en cinco establecimientos de salud del tercer nivel de atención de Perú, 2013. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 33(2), 274-277.
- Barrientos, E., & Molina, M. (2014). *Medida de la Huella de Carbono en una empresa de fabricación de Briquetas (tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bórquez, R. (2010). *Huella de Carbono*. Santiago de Chile, Chile: Publicaciones Fundación Terram.
- Bremauntz, J. F. (2004). *Cambio Climático: Una visión desde México*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Brito, O. (2011). *Diagnóstico de implementación de metodología de cálculo de la huella de agua y huella de carbono en empresa DSM (tesis de pregrado)*. Puerto Montt, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Caicedo, C., Crespo-Delgado, L., De La Cruz-Rodríguez, E., & Álvarez-Jaramilo, N. (2017). Propiedades termo-mecánicas del Polipropileno: Efectos durante el reprocesamiento. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 18(3), 245-252.

- Carballo, A., García, M. d., Doméch, J., Villasante, C., Rodríguez, G., & González, M. (2008). La huella ecológica corporativa: concepto y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia. *Revista Galega de Economía* 17(2), 1-28.
- Carbon Reduction Institute. (8 de Septiembre de 2014). *Guía del Programa No CO2 del Instituto de Reducción de Carbono*. Obtenido de https://issuu.com/carbonreductioninstitute/docs/noco2_programguide_2014_v1.6
- Casper, J. (2010). Anthropogenic Causes and Effects. En J. Casper, *Greenhouse Gases: Worldwide Impacts* (págs. 113-139). New York: Facts On File.
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño. (8 de 09 de 2019). Efecto Invernadero. Obtenido de, http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=132&lang=es
- Centro Mario Molina. (2007). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Baja California. Obtenido de <http://centromariomolina.org/cambio-climatico/inventario-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-del-estado-de-baja-california/>
- Chacón, A., Jiménez, G., Montenegro, J., Sasa, J., & Blanco, K. (2012). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono, 2012*. San José, Costa Rica: Ministerio del Ambiente y Energía.
- Comisión Europea para el Medio Ambiente. (1 de 11 de 2006). *Comisión de las comunidades europeas*. Obtenido de <https://ec.europa.eu>
- Común, K., & Saavedra, A. (2017). *Estimación de la Huella de Carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizados para desplazarse hacia la UNALM (tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Conversiones AYMARA E.I.R.L. (15 de 09 de 2018). *Conversiones AYMARA E.I.R.L.* Obtenido de <http://www.conversionesaymara.com/>
- Cornejo, K., Fleming, E., Jara, L., & Solis, E. (2017). *Sustentabilidad de la implementación de un programa de segregación de residuos sólidos en la FIA*

- UNI . Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Cuadrat, J. M., & Pita, M. F. (2009). *Climatología*.
- Davis, M. L., & Masten, S. J. C. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales* (No. 628 D2951i Ej. 1). McGraw-Hill.
- De Toro, A., Gomera, A., Aguilar, J., Guijarro, C., Antúnez, M., & Vaquero, M. (2017). *Huella de Carbono de la UCO. 2016*. Córdoba, Argentina: Universidad de Córdoba. Servicio de Protección Ambiental (SEPA).
- Díaz, F. (2015). *Cálculo Huella de Carbono FCFM*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- EPA. (9 de Marzo de 2018). *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*. Obtenido de https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/emission-factors_mar_2018_0.pdf
- EPA Victoria. (2013). *Publication 1374-1. Greenhouse gas emissions factors for office copy paper*. Richmond, Victoria: EPA Victoria.
- Eugene, O. P. (1972). *Ecología* Tercera edición. Ed.
- Facultad de Bellas Artes de Altea. (2017). *Papeles, efectos y manipulados*. Altea, España: Diseño Editorial Universitas.
- Fernández-Reyes, R. (2015). La comunicación de la huella de carbono como herramienta ante el cambio climático. *Razón y Palabra. Comunicología Ecuatoriana*, 89(1), 443-468 .
- gasNatural fenosa. (2013). *Informe de Huella de Carbono de la Universidad de Alcalá*. Alcalá, España: Universidad de Alcalá.
- GENTERA. (2016). *Reporte de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero 2015*. México: Empresa Gentera S.A.B.
- GENTERA. (2017). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2017*. México: GENTERA S.A.B.
- GHG Protocol. (2002). *A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Washington, DC, USA: World Resources Intitute.
- Global Footprint Network. (2018). *Advancing the Science Sustainability*. Obtenido de <https://www.footprintnetwork.org/>

- Global Footprint Network. (09 de 10 de 2018). *Global Footprint Network*. (Global Footprint Network) Recuperado el 09 de 10 de 2018, de Global Footprint Network: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/>
- Guzmán, R., Barreno, E., & Medina, R. (2016). Sistema de información de emisiones de CO₂. *INTERFASES*, 9(1), 117-147.
- Hermosilla, A. (2014). *Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En busca de la ecoeficiencia (tesis de maestría)*. Cartagena, Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- HUELLACHILE. (2016). *Manual de usuario. Herramienta de Cálculo de Gases de Efecto Invernadero Organizacional*. Santiago de Chile, Chile: Ministerio del Ambiente.
- IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. (IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007) Recuperado el 13 de mayo de 2018, de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013. Bases Físicas*. Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).
- Leiva, J., Rodríguez, I., & Martínez, P. (2010). Metodología de cálculo de la huella ecológica en industrias. *Revista Centro Azúcar* 37(2), 41-46.
- LRQA. (26 de Noviembre de 2015). *ISO 14064 Sistemas de Gestión de Gases Efecto Invernadero*. Obtenido de <http://www.lrqa.es/certificaciones/iso-14064-norma-cambio-climatico/>
- Mapama. (2015). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. Recuperado el Abril de 2018, de <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambio-climatico/>
- Melo-Castillo, G. P. (2018). *Medidas de reducción y mitigación de la huella de carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador matriz Quito (tesis de pregrado)*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- MINAM. (2010). *El Perú y el Cambio Climático. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio*

- Climático 2010*. Lima. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <https://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc2s.pdf>
- MINAM. (2016). *El Perú y el Cambio Climático*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Molina, M. J., & Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249(5460), 810.
- Morales, P. (13 de Diciembre de 2012). *Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos?* Obtenido de <http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/>
- Naciones Unidas ONU. (1998). *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Ortiz, R. (Febrero de 2012). *El cambio climático y la producción agrícola*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo. Notas técnicas: <http://www.iadb.org/>
- Paez - Makro Pape. (12 de 09 de 2018). *Paez-Makro Pape. Papelería - Informática - Impresión*. Obtenido de <https://paez.es/>
- Pérez-Palmar, E. (2017). El cambio climático, ¿ficción o realidad?... una percepción desde la comunidad internacional. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(1), 198-213.
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (09 de 10 de 2018). *Clima de cambios PUCP*. (PUCP) Recuperado el 09 de 10 de 2018, de Huella de Carbono PUCP: <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/la-pucp-frente-al-cambio-climatico/medidas-dentro-del-campus/huella-de-carbono-pucp/>
- Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente. (2000). Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Obtenido de <https://www.oei.es/historico/salactsi/ADA699D5.pdf>
- PNUMA. (1993). La Destrucción de la Capa de Ozono,
- PUCP. (9 de Abril de 2018). *PuntoEdu*. Obtenido de <https://puntoedu.pucp.edu.pe/>
- Raynal-Villaseñor, J. (2011). Cambio climático global: una realidad inequívoca. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 12(4), 421-427.

- Rodas Samayoa, S. G. (2014). *Estimación y gestión de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar*. Guatemala de la Asunción.
- Rodríguez Becerra, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. Bogotá, Colombia: Foro Nacional Ambiental.
- Saavedra-Navarro, K. (2017). *Cálculo de la huella de carbono de EDEGEL S.A.A. en el año 2014, según metodología de la norma ISO 1406-1 (tesis de pregrado)*. Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Salazar, F. (2015). *Actualización de la huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito para el año 2015 (tesis de pregrado)*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito USFQ.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile, Chile: CEPAL Naciones Unidas.
- SURA Perú. (2016). *Informe Final Huella de Carbono Corporativa 2016*. Lima, Perú: A2G S.A.C Sostenibilidad y Cambio Climático.
- UNE-EN ISO 14064: 2012. (21 de abril de 2018). *AEC Asociación Española de la Calidad*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-une-en-iso-14064>
- Universidad Autónoma de Occidente. (2015). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero año 2014*. Envigado, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.
- Valderrama, J., Espindola, C., & Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación Universitaria*, 4(3), 3-12.
- Valdivieso, C., Valdivieso, R., & Valdivieso, O. (2011). Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión. *UPB-Investigación & Desarrollo*, 11(1), 148-176.
- Vilches, R., Dávila, F., & Varela, S. (2015). Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus Sur. Año base 2012. *Revista de Ciencias de la Vida*, 21(1), 34-45.

- Viteri, F. (2013). *Cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial Quito-Ecuador (tesis de maestría)*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial. Tesis de Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental.
- WBCSD-WRI. (13 de Marzo de 2004). *El Protocolo de GEI: un informe corporativo y un estándar de contabilidad (edición revisada)*. Obtenido de <https://www.wbcsd.org>
- WRI. (2008). *GHG Protocol Tool for Mobile Combustion (v 2.0)*. Washington DC, Estados Unidos de América.
- XEROX. (1999). *Guía de utilización de materiales para color*. Obtenido de The Document Company Xerox: <http://www.xerox.com>
- Zanetti, E. A., Gómez, J. J., Mostacedo, S. J., & Reyes, O. (2017). *Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina*. Santiago: Naciones Unidas.

ANEXOS

Anexo 1. Inventario de consumo de papel en la FIA – UNI 108

Anexo 2. Consumo de papel Cuadrulado y Bulky en la FIA – UNI durante el periodo
de estudio.....109

Anexo 3. Modelos de encuestas realizadas.....110

Anexo 4. Plan de reducción.....116

Anexo 1. Inventario de consumo de papel en la FIA – UNI

CONSUMO DE PAPEL BOND POR LAS OFICINAS DE LA FIA ENERO-SET 2017										
OFICINA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	TOTAL
AD. DELEGATE	12,500	5,000	15,000	10,000	25,000	7,000	10,000	10,000	25,000	133,500
PROCESO	10,000	5,000	-	6,000	-	7,500	-	5,000	10,000	43,500
SEC. FIA	5,000	-	5,000	2,000	5,000	3,000	7,000	3,000	6,000	36,000
P. GRADO	5,000	-	5,000	5,000	-	5,000	5,000	-	10,000	35,000
KARWY LOGIST	-	1,000	-	7,000	3,000	4,000	6,500	2,000	5,000	28,500
Escuelas 1	5,000	-	6,500	2,000	2,000	1,000	2,000	-	2,000	18,500
DECANATO	-	2,000	2,000	2,000	3,000	-	5,500	2,000	-	16,500
ESTAD	2,000	-	5,000	-	1,000	-	3,000	4,000	-	15,000
OBRA CITA	-	-	-	-	500	1,000	1,500	4,000	5,000	12,000
OFIC. ACER	-	-	-	2,000	-	3,000	-	5,000	-	10,000
Escuelas 2	2,000	-	-	-	1,000	-	2,000	3,000	-	9,000
Escuelas 3	-	2,000	-	-	2,000	-	1,500	-	2,000	7,500
OFIC. TUTORIA	-	-	-	-	-	-	1,000	5,000	-	6,000
CITRAR	4,500	-	-	-	-	-	-	1,000	-	5,500
LIA	500	1,500	1,000	-	500	-	-	1,000	-	4,500
CEIA	-	-	1,000	-	-	1,000	-	-	-	2,000
										383,000

Figura 19. Consumo de papel Bond en la FIA-UNI durante el periodo de estudio

Anexo 2. Consumo de papel Cuadrulado y Bulky en la FIA – UNI durante el periodo de estudio

OFICINA DE ABASTECIMIENTO FIA

CONSUMO DE AGUA MINERAL EN BIDONES DE ENERO – NOVIEMBRE 2018												
OFICINAS	ENERO	FEB.	MARZ.	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SETIE	OCT.	NOV.	TOTAL
P. GRADO	3	3	4	2	5	3	2	2	2	3	1	30
AP. DOC.	1	1	3	1	2	1	3	2	1	1	-	16
P. Social	1	1	1	2	2			2	1	2	1	13
CITRAR		1	2		2	2	2	1		1		11
DECANAT	1		1		2	1	1	1	1		1	9
LIA		1		1	1	2	2		1		1	9
ESTADIST	1			2		1			1			5
ECONOM.					1	1		1	1	1		5
ETEC	1	1			1				1	1		5
TUTORIA		1	1			1						3
ESCUERAS		1			1							2
C. INFOR.	1									1		2
EST. GENE					1							1
C. EIA						1						1
TOTAL												112

CONSUMO DE PAPEL CUADRICULADO PARA EXAMENES ENERO – NOV 2018												
OFICINA	ENERO	FEB.	MARZ	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SET.	OCTUB	NOV.	TOTAL
AP. DOC.		7000	3000	9000	4000	8000	2000	3000	4000	9000	2000	51000

OFICINA CONSUMO DE PAPEL BULKY DE ENERO – NOVIEMBRE 2018												
OFICINA	ENERO	FEB.	MARZ	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SET.	OCTUB	NOV.	TOTAL
AP. DOC.		21000		13000	2000	12000		6000	6000	6000	-	66000

Figura 20. Consumo de papel Cuadrulado y Bulky en la FIA – UNI durante el periodo de estudio

Anexo 3. Modelos de encuestas realizadas

HUELLA DE CARBONO FIA - ALUMNOS

Formulario creado con el fin de obtener información respecto al consumo de combustible por transporte para cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero derivadas del transporte de los alumnos. Solo te tomará unos minutos.

Nombre y Apellidos *

...

Texto de respuesta corta

Dirección y referencia de ubicación *

Texto de respuesta larga

Distrito *

Texto de respuesta corta

Código UNI *

...

Texto de respuesta corta

Sexo *

Hombre

Mujer

Especialidad *

Ingeniería Sanitaria - S1

Ingeniería de Higiene y Seguridad Industrial - S2

Ingeniería Ambiental - S3

Ciclo en curso *

1er

2do

3ero

4to

5to

6to

7mo

8vo

9no

10mo

Otra...

...

Qué medio de transporte utilizas para llegar a la FIA-UNI desde tu casa?
(Considere aquel de mayor tramo)

- A pie
- Bicicleta
- Moto lineal
- Mototaxi
- Metropolitano
- Ómnibus
- Auto
- Otra...

...

Cuánto tiempo en promedio demora tu viaje para venir a la FIA-UNI? *

Tiempo empleado por el medio de transporte elegido en la anterior pregunta.

- 30min
- 45min
- 1h
- 1h30min
- 2h
- 3h
- Otra...

Si utilizas algún medio de transporte adicional en tu tramo de ida, escríbelo aquí (Medio de transporte/tiempo en minutos)

Texto de respuesta corta

Qué medio de transporte utilizas para ir de la FIA-UNI a tu casa? *

- A pie
- Bicicleta
- Moto lineal
- Mototaxi
- Metropolitano
- Ómnibus
- Auto
- Otra...

Cuánto tiempo en promedio demora tu viaje para ir de la FIA-UNI a tu casa? *

Tiempo empleado por el medio de transporte elegido en la anterior pregunta.

- 30min
- 45min
- 1h
- 1h30min
- 2h
- 2h30min
- 3h

Si utilizas algún medio de transporte adicional en tu tramo de vuelta, escríbelo aquí (Medio de transporte/tiempo en minutos)

Texto de respuesta larga

...

Cuántas veces en promedio vienes a la FIA en la semana? *

- 1 vez
- 2 veces
- 3 veces
- 4 veces
- 5 veces
- 6 veces
- 7 veces

Tienes alguna recomendación respecto al tema o la encuesta? Déjala aquí:

Texto de respuesta larga

HUELLA DE CARBONO FIA DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS, PERSONAL DE APOYO

Formulario creado con el fin de obtener información respecto al consumo de combustible para cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero derivadas de esta actividad. Solo te tomará unos minutos.

Nombre y Apellidos *

Texto de respuesta corta

Usted es docente o personal administrativo? *

- Docente
- Personal Administrativo

Dirección y referencia de ubicación *

Texto de respuesta larga

Distrito *

Texto de respuesta corta

Sexo *

- Hombre
- Mujer

Qué medio de transporte utiliza para llegar a la FIA-UNI desde su casa?
(Considere aquel de mayor tramo)

- A pie
- Bicicleta
- Moto lineal
- Mototaxi
- Metropolitano
- Ómnibus
- Auto
- Otra...

Cuánto tiempo en promedio demora su viaje para venir a la FIA-UNI? *

Tiempo empleado por el medio de transporte elegido en la anterior pregunta.

- 30min
- 45min
- 1h
- 1h30min
- 2h
- 3h
- Otra...

Si utiliza algún medio de transporte adicional en tu tramo de ida, escríbelo aquí
(Medio de transporte/tiempo en minutos)

- Opción 1

Qué medio de transporte utiliza para ir de la FIA-UNI a su casa?(Considere aquel de mayor tramo)

- A pie
- Bicicleta
- Moto lineal
- Mototaxi
- Metropolitano
- Ómnibus
- Auto
- Otra...

Cuánto tiempo en promedio demora su viaje para ir de la FIA-UNI a su casa? *

Tiempo empleado por el medio de transporte elegido en la anterior pregunta.

- 30min
- 45min
- 1h
- 1h30min
- 2h
- 2h30min
- 3h
- Otra...

Si utiliza algún medio de transporte adicional en tu tramo de vuelta, escríbelo aquí (Medio de transporte/tiempo en minutos)

Texto de respuesta larga

:::

Cuántas veces en promedio viene a la FIA en la semana? *

- 1 vez
- 2 veces
- 3 veces
- 4 veces
- 5 veces
- 6 veces
- 7 veces

Tienes alguna recomendación respecto al tema o la encuesta? Déjala aquí:

Texto de respuesta larga

Anexo 4. PLANES DE REDUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El presente plan tiene como principal finalidad plantear las acciones correspondientes para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero identificadas y cuantificadas en la presente tesis que puedan ser elaboradas a detalle y ejecutadas por la Facultad de Ingeniería Ambiental mediante proyectos estudiantiles de pregrado. Las medidas de reducción que se plantean se basan en las principales fuentes de emisión identificadas en la presente investigación, las cuales son las siguientes: consumo de papel, consumo de energía, generación de residuos sólidos, consumo de combustible por transporte de estudiantes, profesores, personal administrativo y de apoyo.

OBJETIVOS

Plantear medidas de reducción de consumo de papel

Plantear medidas de reducción de consumo de energía eléctrica

Plantear medidas de reducción de generación de residuos sólidos

Plantear medidas de reducción de consumo de combustible por transporte

CONSUMO DE PAPEL

Para la disminución del consumo de papel se recomiendan ejecutar las siguientes medidas:

- Archivar documentos en forma digital, compartir información digitalizada en lugar de copias físicas, usar correos electrónicos para emitir comunicaciones.
- Utilizar medios electrónicos para enviar trabajos de revisión preliminar.
- Fotocopiar e imprimir a doble cara, de ser posible.
- Reutilizar papeles para imprimir documentos preliminares o borradores.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Medidas de reducción de consumo eléctrico

Control administrativo

- La FIA como consumidor de energía debe realizar un registro mensual mediante la lectura de la subestación para ver la variación de consumo y plantear mejoras que disminuyan éste.
- Proponer una directiva de la FIA que promueva la ecoeficiencia mediante compras de equipos con ahorro energético.

Buenas prácticas de uso de energía

- Realizar campañas de concientización de uso energético brindando datos de generación de emisiones de GEI para tener mayor impacto en el público.
- Se debe capacitar a las personas que hacen vida en la FIA – UNI sobre el uso eficiente de energía eléctrica.
- Disponer avisos sobre el uso adecuado de la energía en la FIA.
- Desconectar los equipos electrónicos cuando se dejen de usar. En caso se cuente con varios equipos en un mismo lugar se propone conectarlos mediante un extensión de varios enchufes que contenga un interruptor, de tal forma que se desconecten todos los aparatos simultáneamente al presionar el interruptor.

Cambio de sistema de iluminación

- Colocar iluminación sensorial en los pabellones que menor concurrencia tengan en el turno noche con el fin de racionalizar la iluminación artificial.
- Cambiar los focos y fluorescentes por unos ahorradores y de mayor eficiencia de uso energético.
- Realizar un estudio de iluminación en la FIA – UNI para aprovechar la iluminación natural de cada oficina o aula.

Sistema de Ventilación

- Mejorar la ventilación natural mediante la optimización de ubicación de ventanas.

Equipos Ofimáticos

- Comprar equipos con criterios de ahorro de energía.
- Activar las opciones de ahorro de los equipos.

Consumo de agua

Dado que el consumo de agua genera emisiones por medio del consumo eléctrico del bombeo de agua hacia las instalaciones de la facultad. Se plantean las siguientes medidas para reducir el consumo de agua:

- Verificar que los grifos con los que se cuente en la FIA no sean convencionales y de ser el caso, evaluar la viabilidad de sustituirlos por grifos ahorradores (temporizadores), los cuales generan un alto ahorro debido a que interrumpen la salida del agua a un tiempo prolongado. Por ejemplo, el ahorro de estos grifos es aproximadamente del 75% del consumo de agua a comparación de los convencionales

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para disminuir la generación de residuos sólidos, fuente de emisión de GEI, se debe comenzar con la adquisición de productos que sean fáciles de segregar y que no sean compuestos de distintos materiales. A continuación se presentan las medidas a aplicar:

- Elaborar el Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Segregar correctamente los residuos (papeles, cartones, plásticos, vidrio, cartuchos de tóner, material orgánico u otros) y entregar los residuos reciclables con un registro de cantidad a empresas recicladoras debidamente registradas.
- Tomar en cuenta la NTP 900.058.2019 que establece la codificación de colores para el almacenamiento de residuos sólidos que facilitarán el reciclaje.
- Aplicar el método de las 3R (Reducir, Reusar y Reciclar)
- Promover la segregación en la fuente en conferencias, ferias, eventos deportivos, fiestas u otros.
- Estandarizar el manejo de los residuos sólidos mediante un estudio de caracterización de residuos sólidos y el correcto almacenamiento.

Dado que los residuos orgánicos representan gran parte de la emisión de GEI por la generación de residuos sólidos, se plantea lo siguiente:

- Crear una zona de compostaje para aprovechar estos residuos de tal forma que el producto pueda usarse como compost para las áreas verdes de la FIA o de la UNI en general.

Actualmente se cuenta con un centro de acopio para las botellas de plástico pero este debe ser supervisado cada cierto tiempo y llevar un registro de lo que se recicla. A continuación se presenta la Imagen 1 del centro de acopio en mención.



Imagen 1. Centro de acopio de botellas de plástico

TRANSPORTE DE ESTUDIANTES, PROFESORES, PERSONAL ADMINISTRATIVO Y DE APOYO

Como ya se ha mencionado en las recomendaciones de la presente investigación, la mejora del transporte y, por consiguiente el menor consumo de combustible, no depende de la Facultad de Ingeniería Ambiental. Sin embargo, se plantean las siguientes medidas para reducir las emisiones de GEI:

- El personal que se dirige a la FIA debe manejar sus tiempos para evitar tomar Taxis y usar el transporte público de Lima de forma que comparta las emisiones de un Vehículo.
- Dirigirse a la FIA en bicicletas, a pie, motos o scooters eléctricos cuando los tramos sean cortos.

Se debe acondicionar un estacionamiento de bicicletas más amplio para invitar a los estudiantes a usar con mayor frecuencia este tipo de transporte. En la imagen 2 se puede apreciar el estacionamiento de bicicletas de la FIA.



Imagen 2. Estacionamiento de bicicletas de la FIA.

CONCLUSIONES

Se estima que la aplicación de estas medidas representa una disminución considerable de la emisión de Gases de Efecto Invernadero por ciclo académico, dicha disminución se valora al aplicar las medidas planteadas.

Asimismo, se debe hacer una nueva evaluación de las emisiones al ejecutar las medidas de reducción planteadas.