

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Estimación de la Huella Ecológica en el campus de la
Universidad Peruana Unión, aplicando el método
componente modificado**

Por:

Danny Enrique Norabuena Zambrano

Sharon Leia Shiguay Torres

Asesor:

Mg. David Sumire Qquenta

Lima, Julio del 2020

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

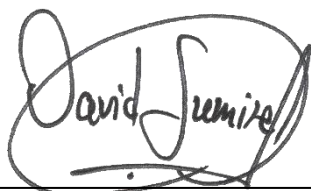
Mg. David Sumire Qqenta de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Estimación de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Peruana Unión, aplicando el método componente modificado” constituye la memoria que presenta los Egresados: Danny Enrique Norabuena Zambrano y Sharon Leia Shiguay Torres para aspirar al grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuya investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, son comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, 20 de agosto del año 2020.

A handwritten signature in black ink, reading "David Sumire Qqenta", enclosed within a large, loopy circular flourish.

Mg. David Sumire Qqenta

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....31..... día(s) del mes de.....julio.....del año..2020...siendo las....11:30....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):
 Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro.....,el(la) secretario(a):
 Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas..... y los demás miembros:
 Ing. Nancy Curasi Rafael, Ing. Dennis Omar Díaz Bulnes.....
y el(la) asesor(a) Mg. David Andres Sumire Qqenta.....
con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Estimación de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Peruana Unión, aplicando el método componente modificado.....

de los (las) egresados (as): a) Danny Norabuena Zambrano.....
b) Sharon Leia Shiguay Torres.....
conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en
Ingeniería Ambiental.....
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando.....a los..... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por.....los.... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Danny Norabuena Zambrano.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato/a (b): Sharon Leia Shiguay Torres.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó.....a los.....candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a




Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro



Candidato/a (a)



Candidato/a (b)

Estimación de la huella ecológica en el campus de la Universidad Peruana Unión campus Lima, aplicando el método componente modificado

ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL FOOTPRINT ON THE CAMPUS OF THE UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN CAMPUS LIMA, APPLYING THE MODIFIED COMPONENT METHOD

NORABUENA-ZAMBRANO DANNY¹, SHIGUAY-TORRES SHARON²

¹ *Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP Ingeniería Ambiental, Lima-Perú.*

Resumen

La estimación de la Huella Ecológica (HE) permite medir el consumo de recursos, la generación de residuos y emisiones asociadas a una población u organización específica, relacionándolas con la capacidad regenerativa de la biosfera. El presente artículo, tuvo como objetivo estimar la HE de la Universidad Peruana Unión (UpeU) en el año académico 2019 empleando el método componente propuesto por Simmons y modificado por López, mediante el proceso de datos obtenidos directa e indirectamente sobre el consumo anual de recursos para la realización de las actividades académicas. Del análisis preliminar se obtuvo que la UPeU requiere 1511.26 hectáreas globales (hag) para capturar el CO₂ producido por sus actividades. Se estimó que la HE en la UPeU para 13670 personas, fue de 0.11 ha/persona/año durante el año académico 2019; valor que está por encima de la huella ecológica calculada para la UPeU, durante el periodo 2017 que es de 0.08 ha/persona/año.

Palabras Clave: Huella ecológica, dióxido de carbono, desarrollo sostenible, factor de emisión, Huella ecológica per-cápita factor de fijación.

Abstract

The estimation of the Ecological Footprint (HE) allows to measure the consumption of resources, the generation of waste and the emissions associated with a specific population or organization, relating them to the regenerative capacity of the biosphere. The objective of this article was to estimate the HE of the Universidad Peruana Unión (UpeU) in the academic year 2019 using the component method proposed by Simmons and modified by López, through the process of data selected directly and indirectly on the annual consumption of resources for carrying out academic activities. From the preliminary analysis it was obtained that the UPeU requires 1511.26 global hectares (hag) to capture the CO₂ produced by its activities. The HE in the UPeU for 13,670 people was estimated to be 0.11 ha / person / year during the 2019 academic year; value that is above the ecology footprint calculated for the UPeU, during the 2017 period that is 0.08 ha / person / year.

Key Words: Ecological footprint, carbon dioxide, sustainable development, emission factor, ecological footprint per-capita Fixation Factor.

1. Introducción

Durante la década 1980, numerosos estudios revelaron que la capacidad de la tierra para generar nuevos recursos para satisfacer las necesidades de la población, se estaba agotando (Torres et al., 2011), es entonces que se desarrollan distintas reuniones y acuerdos para dar frente al problema, como el tratado de Brootland, en 1987, donde se crea el concepto de desarrollo sostenible y el Tratado de Río; la Cumbre de la tierra en 1992, donde se acuerda adoptar el término el desarrollo sostenible y regirla a tres ejes fundamentales que son el desarrollo ambiental, social y económico (Wackernagel & Rees, 1996).

Con el propósito de medir los impactos que generaba una determinada población, W. Rees y M. Wackernagel (1996), abordan por primera vez el término “Huella Ecológica” que evalúa un modelo de vida de un grupo de personas, a través del cálculo del área de tierra de cultivo y de ecosistemas acuáticos expresados en hectáreas globales, necesarios para asimilar las emisiones, residuos y demandas de una localidad, pueblo u organización (Wackernagel & Rees, 1996). Del mismo modo, la estimación de la huella ecológica en instituciones, sirve como un indicador de sostenibilidad, a partir del cual se pueden plantear medidas de ecoeficiencia, sobre los recursos que representen el mayor porcentaje de huella ecológica en el cálculo (Barrett, 2001). Esta, también sirve como un indicador que ayuda a estimar los impactos ambientales y a tomar medidas de ecoeficiencia para su mitigación (Martínez, 2008).

En 1996, se establece el método integral para calcular la huella ecológica a escala global; este es aplicable para todo tipo de sustancias utilizadas (Wackernagel & Rees, 1996). Posteriormente, Simmons et al. (2000) proponen el método componente, donde aplicaron logaritmos para convertir los recursos utilizados a factores de emisión. Este método está más enfocado a objetos pequeños, como ciudades, pueblos, escuelas y universidades (Liu et al., 2018) y permite identificar la contribución de cada una de las actividades sobre la huella, como el transporte, el consumo de energía, uso de papel, etc.(Barrett, 2001).

Desde que se tocó por primera vez el término de “Huella Ecológica”, este indicador fue aplicándose en países, ciudades, y ahora incluso en instituciones de estudios superiores, donde ha asumido un rol importante (Guerra & Rincón, 2018). En el Perú, se ha estado realizando el cálculo de la huella ecológica para universidades, por ejemplo, la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Ancash (Huerta & Popayán, 2018). Por otro lado, la Pontificia Universidad Católica del Perú, firmó un convenio con la “Global ecological footprint network”, para recibir apoyo durante la estimación de su huella ecológica. La metodología utilizada por estas universidades es la modificada por (López & Blanco, 2009), sin embargo, no se ha referenciado la realización de una huella ecológica más exhaustiva, como la modificación realizada por (Liu et al., 2018).

En la Universidad Peruana Unión, también se aplicó el método modificado por (López & Blanco, 2009), realizada por (Jaimes, 2018), durante el año 2017. En la presente investigación, se consideró algunas modificaciones que aplica (Liu et al., 2018), para el cálculo de la huella ecológica de la UPeU, la cual mostrará de forma más específica y real, el impacto que las actividades realizadas en la universidad están causando sobre el ambiente.

La presente investigación tuvo como objetivo Estimar la Huella Ecológica en el Campus Lima de la Universidad Peruana Unión, durante el año académico 2019 con el fin de proponer medidas de ecoeficiencia que ayudarán a minimizar el consumo de recursos y mejorar la rentabilidad de la UPeU y conlleve a la reducción paulatina de su Huella Ecológica.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La aplicación y el desarrollo del presente estudio, se llevó a cabo en el campus central de la Universidad Peruana Unión “UPeU”, que se ubica en Ñaña, a la altura del km 19 de la carretera Central en el distrito de Lurigancho-Chosica de la provincia y región de Lima, exactamente en las coordenadas geográficas UTM 299662.95 m E - 8673708.70 m S_ Zona 18 L. El estudio abarca a las instalaciones destinadas a actividades académicas como los pabellones y las áreas administrativas y de logística, que representan 49 ha.

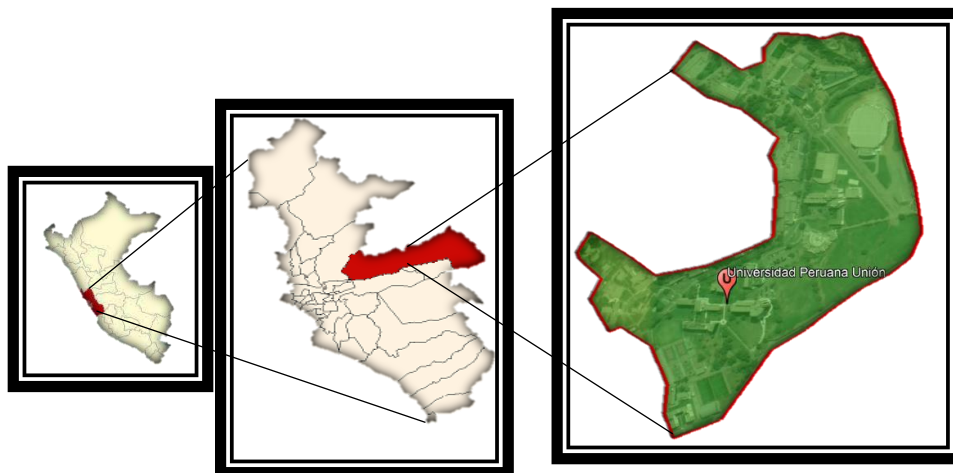


Figura 1. Ubicación de la Universidad Peruana Unión.

2.2. Método para la estimación de la huella ecológica

El método que se aplicó para la estimación de la huella ecológica de la UPeU, se basó principalmente en la modificación que aplicaron Liu et al., (2018). Este método se empleó en los componentes de energía, consumo de agua y residuos generados. Además, para los componentes de superficie construida y consumo de papel se aplicó el método propuesto por López & Blanco, (2009). Y para la estimación de la huella ecológica por modos de transporte, se aplicó el método empleado por Gottlieb et al., (2012).

Para el cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad Peruana Unión se consideraron sus componentes adaptándolos a su realidad y disponibilidad de información para los indicadores de los ingresos y salidas del sistema universitario como se muestra en la Tabla 1 (Simmons et al., 2000).

Tabla 1. Componentes para el cálculo de la Huella Ecológica.

Componentes	Descripción
Consumo de recursos naturales	Emisión de CO ₂ por cada componente en evaluación. Componente de energía, superficie construida, papel, agua, transporte.
Producción de residuos sólidos	Componente de Residuos sólidos peligrosos y no peligrosos .

Fuente: Simmons et al., (2000)

Además, debieron realizarse algunos ajustes en función de la información disponible en el tiempo

que se realizó la investigación. A continuación, se detalla el proceso general del método Componente propuesto por Simmons et al., (2000).

(1) Analizar el área de estudio, aplicando un enfoque sistémico de entradas y salidas. (2) Definir los componentes a evaluar en la Universidad. (3) Obtención de los datos en todo un año, por cada componente. (4) Aplicación de los factores de conversión para obtener los valores de generación de CO₂ que implica cada componente. (5) Aplicación de la Fórmula general de la Huella Ecológica. (6) Obtención de los resultados, es decir, el índice de Huella ecológica por componente (Guerra & Rincón, 2018).

En la Figura 2, se representa de forma gráfica el análisis del área de estudio como un sistema abierto de caja negra (Guerra & Rincón, 2018). Se consideró los componentes básicos como energía, transporte, superficie construida, papel y consumo de agua. Y como población objetivo se tomó a los estudiantes y docentes, del año académico 2019, así como lo realizó Guerra & Rincón, (2018).

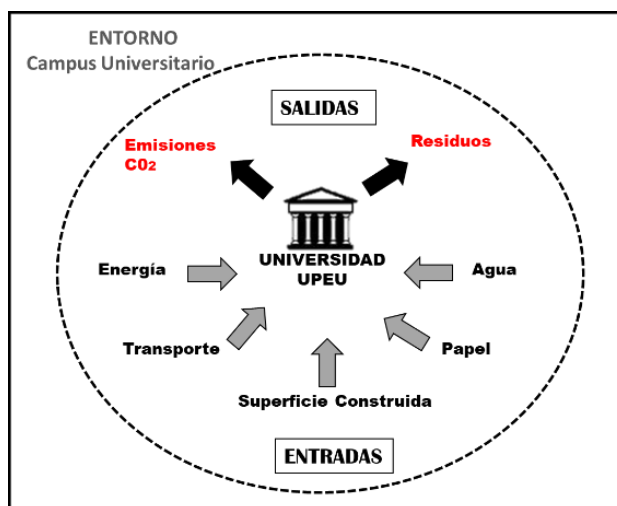


Figura 2 Análisis del Sistema de la Universidad Peruana Unión, Metodología de Simmons.

2.3. Obtención de datos para el cálculo de la HE

Para el cálculo de cada uno de los componentes analizados, se tomó en cuenta la fórmula general aplicada por López & Blanco, (2009), como se muestra en la Figura 3.

$$\text{Huella} \left(\frac{\text{ha}}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Emisiones (ton CO}_2\text{)}}{\text{C.Fijación} \left(\frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right)} + \text{Superficie Campus} \left(\frac{\text{ha}}{\text{año}} \right)$$

Figura 3. Fórmula general para la estimación de la Huella Ecológica.
Fuente: López & Blanco, (2009)

Las emisiones en (ton de CO₂), se hallaron de forma independiente para cada componente. Donde se consideran el consumo de energía, agua, papel y combustibles de transporte; la superficie construida y la generación de residuos. Cada uno de estos componentes se transformó a unidades relacionadas a sus factores de emisión, para poder ser calculados, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión de CO}_2(\text{tnCO}_2) = \text{Componente (und)} \times \text{Factor de emisión (tn CO}_2\text{/und)}$$

Para la capacidad de fijación (C. Fijación) de carbono del suelo, se consideró el factor aplicado para la costa de Lima, que es de 3.3 tn de C/hab/año, el cual fue convertido a unidades de emisión de CO₂, utilizando el factor de 3.67 Tn de CO₂, siendo la capacidad de fijación utilizada 12.11 TnCO₂/ha/año según Carnegie Airborne, (2018).

La superficie del campus de la UPEU, es de 49 hectáreas, este se utilizó para el cálculo final de la Huella Ecológica. Asimismo, se realizó la conversión de hectáreas (ha) a hectáreas globales (hg), con el fin de comparar con la capacidad mundial que se tiene para sostener el consumo de recursos y generación de emisiones y residuos. El factor de equivalencia que se utilizó es 1.29 (hg/ha) (Jaimes, 2018).

Del mismo modo, para el cálculo de la huella ecológica expresado en Hectáreas globales requeridas por persona en un año, se tomó en consideración la población estudiantil matriculada y al personal docente y administrativo del año académico 2019 que suman 13670 personas. La fórmula a aplicar es la siguiente.

$$HE \text{ (hag/persona/año)} = \text{Huella ecológica hag/año} \times \text{población}$$

2.4. Cálculo de las emisiones de CO₂ por componentes

Para el cálculo por componentes, primero se realizó la búsqueda de los factores de emisión de CO₂ expresado en tonelada por unidad relacionada a cada componente identificado en la Tabla1. Estos factores planteados, se consideraron por su adaptación a la realidad del contexto de la Universidad. En la Tabla2, se menciona de forma más detallada.

Tabla 2. Factores de emisión por cada componente de la UPEU.

Componentes		Factor de Emisión	Unidades	Fuente
Energía	Electricidad	0.547	Tn CO ₂ /MWh	(FONAM, 2009)
	Petróleo D2	0.00261	Tn CO ₂ /Lt	(Catalunya et al., 2011)
	Gasohol 95	0.00238	Tn CO ₂ /Lt	
	GLP	0.006	Tn CO ₂ /Kg GLP	
Consumo de agua		0.0005	Tn CO ₂ /m ³	(MIMAN, 2015)
Papel	Virgen	0.00184	Tn CO ₂ /Kg papel	(López Álvarez & Blanco Heras, 2009)
	Reciclado	0.00061	Tn CO ₂ /Kg papel	
Transporte	Bicicleta	0	TnCO ₂ /Km	(National Council for Air and Stream Improvement Inc. (NCASI), 2005)
	Mototaxi	0.000093	TnCO ₂ /Km	
	Auto	0.0002577	TnCO ₂ /Km	
	Combi	0.0004002	Tn CO ₂ /Km	
Residuos sólidos	Restos de comida	0.0027283	Ha/Tn	(Marañón Maison, 2008)
	Papel y cartón	0.0044966	Ha/Tn	
	Vidrio	0.0000449	Ha/Tn	
	Madera	0.0044966	Ha/Tn	
	Plástico y Metal	0.0376	Ha/Tn	
	Tecnopor	0.0376	Ha/Tn	
	Otros	0.02421	Ha/Tn	

Superficie construida	0.01042	Tn CO2/m2	(Cuchí Burgos & López Caballero, 1999)
-----------------------	---------	-----------	--

2.4.1. Cálculo directo

Para el cálculo directo, se obtuvo información acerca de los recursos como agua, energía, superficie construida, papel y residuos sólidos que implican el desarrollo de actividades de la universidad (Wackernagel & Rees, 1996). Y los factores de emisión de sustancias, fueron extraídos de investigaciones más recientes, que se ajustaron al contexto del estudio (Simmons et al., 2000). A su vez, estos datos se obtuvieron de facturas de consumo de servicios (agua, luz y consumo de GLP) de la institución educativa, así como de los datos recopilados en la investigación realizada sobre el cálculo de la Huella de carbono (Zeron & Arias, 2019). Los datos recopilados de los componentes por cada uno de los ciclos de estudios, se multiplicaron de forma directa, con los factores identificados por cada componente, reemplazando los valores en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión de CO2 (tnCO2)} = \text{Componente (und)} \times \text{Factor de emisión (tn CO2/und)}$$

2.4.2. Cálculo indirecto

Para el cálculo indirecto, se recolectaron los datos a partir de una encuesta virtual de 9 preguntas elaborada según las bases de (Floyd & Fowler, 2014). Estuvo dirigida a la población universitaria, para recopilar información sobre su consumo de papel y el tipo de transporte que utilizaron durante el periodo en estudio. Para el cálculo de la muestra, se empleó un diseño tipo muestral especificado en la Tabla 3, donde la población, está representada por el número de alumnos que cursaron sus estudios durante el año académico 2019 en la UPEU.

Tabla 3. Fórmula para estimar la media poblacional

Fórmula	Dónde
$n = \frac{N \times Z^2 \times \delta^2}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times \delta^2}$	n : Tamaño de Muestra. N : Tamaño de población. Z : Nivel de confianza al 95% (1.96). e : Error de muestreo aceptable del 5% (0.05). δ : Desviación estándar (Valor constante de 0.5).

Para la estimación de la huella ecológica del modo de transporte que practica cada estudiante, se calculó de forma independiente por cada tipo de transporte (Gottlieb et al., 2012). Se multiplica el número de estudiantes que recurren en un tipo de transporte (a pie, auto, bus) por la distancia recorrida en un año de estudios y por el factor de emisión de cada tipo de transporte (National Council for Air and Stream Improvement Inc. (NCASI), 2005), así como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión (Tn Co2)} = Ne \times Kmr \times Fe$$

Para el consumo de papel se obtuvieron datos sobre el número de hojas consumidas por cada estudiante, y para convertir ese número de hojas a peso de papel consumido (Kg), se utilizó la siguiente fórmula (López Álvarez & Blanco Heras, 2009).

$$P = g \times N / 16,03 \times 10^3$$

Dónde: *P* es el peso del papel en unidades de Kg; *g* es el gramaje del papel, expresado en (g/m²)

y N es el número de hojas obtenidas del tratamiento de las encuestas. Después del cálculo del peso, se reemplazó los valores en la fórmula para el cálculo de las emisiones de CO₂, como muestra la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión (Tn CO}_2\text{)} = \text{Peso de hojas(Kg)} \times \text{Fe(TnCO}_2\text{/Kg)}$$

3. Resultados

Los componentes que obtuvieron un mayor índice de HE en la UPeU, son los residuos sólidos, con el 30%, seguido de modo de transporte, que representa un 21% del cálculo en general. Asimismo, los valores más bajos, son el la superficie construida y consumo de agua, estos valores representan la más baja incidencia en la estimación de la HE (ver Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de la HE entre cada uno de los componentes en estudio.

Componentes	Huella Ecológica hag/año	Porcentaje
Energía	288.53	19%
Agua	73.17	5%
Papel	254.27	17%
Residuos Sólidos	449.71	30%
Superficie construida	132.4	8%
Transporte	322.18	21%

3.1. Cálculo directo

Posterior al cálculo realizado con la metodología ya planteada, se obtuvieron los resultados explicados en la Tabla 4. En el componente de energía, se desglosó en cuatro principales componentes que aportan como energía en las instalaciones de la universidad, que son la electricidad, el petróleo D2, el Gasohol 95 y el GLP como se muestra en la Tabla 2. Entre estos valores, el que representó la mayor huella ecológica de la categoría, fue el consumo de GLP, este gas se consume en las áreas del comedor y de lavandería; y está seguido en magnitud por el consumo de Gasohol 95, más utilizado en los autos, buses y otros, de la Universidad, de los docentes y de personal administrativo (ver Figura 4).

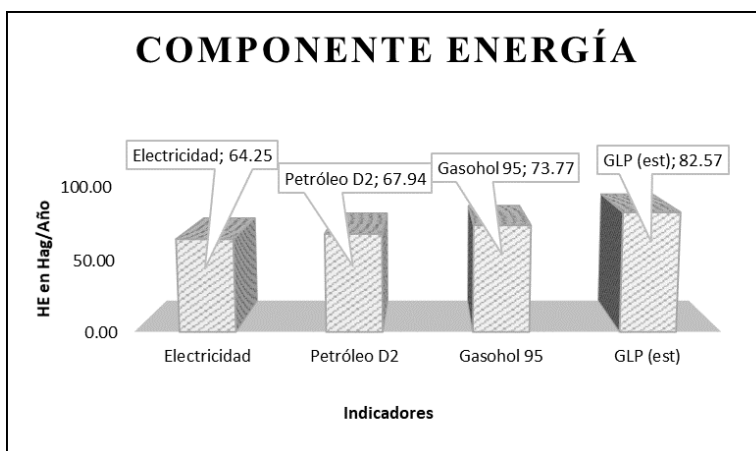


Figura 4. Huella ecológica por el componente energético.

En el cálculo de la huella ecológica que genera el consumo de agua, presenta uno de los valores más bajos de huella ecológica del cálculo en general. Sobre el consumo de Papel, en la Tabla 5 se muestra el consumo solo por el personal docente y administrativo, en el que se observó que el papel virgen (no reciclado) tuvo la mayor HE en el consumo de papel.

Tabla 5. Cálculo directo de la Huella ecológica de la UPeU.

Componentes		Cantidad anual	Unidades	Emissiones en Tn de CO2	Huella Ecológica en ha/año	Huella Ecológica en hag/año
Energía	Electricidad	17.92	MWh	9.80	49.81	64.25
	Petróleo D2	17008.07	Litros	44.39	52.67	67.94
	Gasohol 95	41670.14	Litros	99.17	57.19	73.77
	GLP (est)	30291.04	Litros	181.75	64.01	82.57
Consumo de agua		187027.00	m3	93.51	56.72	73.17
Papel	Virgen	7190.95	Kg	13.23	50.09	64.62
	Reciclado	89.68	Kg	0.05	49.00	63.22
Residuos sólidos	Restos de comida	140.70	Tn/año	-	49.38	63.71
	Papel y cartón	160.04	Tn/año	-	49.72	64.14
	Vidrio	4.38	Tn/año	-	49.00	63.21
	Madera	6.13	Tn/año	-	49.03	63.25
	Plástico y Metal	78.87	Tn/año	-	51.97	67.04
	Tecnopor	27.19	Tn/año	-	50.02	64.53
	Otros	20.48	Tn/año	-	49.50	63.85
Superficie construida		54226.67	m2	565.04	95.66	123.40
TOTAL				1006.96	823.76	1062.65

Por otro lado, los resultados de HE para residuos sólidos, representan el mayor índice de todo el cálculo, este fue desglosado por cada una de las diferentes componentes de los residuos generados y se le asignó diferentes factores de emisión según lo muestra la siguiente la Tabla 5. Asimismo, el tipo de residuo que resaltó entre los demás, fue la generación del plástico y de metal, que requiere más hectáreas de suelo para ser asimilados (ver Figura 5).

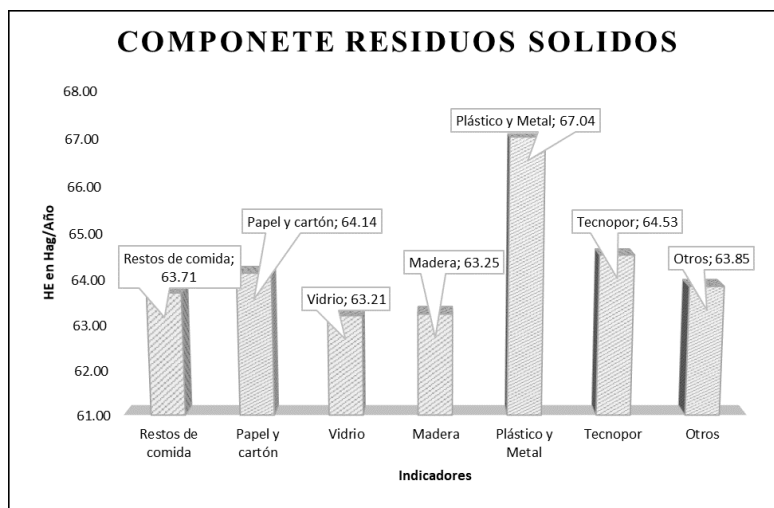


Figura 5. Huella Ecológica de los componentes de residuos sólidos generados.

3.2. Cálculo indirecto

La cantidad de alumnos matriculados en los periodos 2019-I y 2019-II, son 4870 y 4505 alumnos respectivamente (Tabla 6). La población muestra resultó de 374 alumnos a encuestar.

Tabla 6. Número de personas que realizan actividades en la UPeU.

Periodo académico	Cantidad
estudiantes 2019-1	8470
estudiantes 2019-2	4505
TOTAL	12975

Fuente: Página Web UPeU.

El tratamiento previo que se dio a los datos obtenidos de las encuestas, consistió en sumar el número de hojas virgen y recicladas que indicó cada alumno encuestado como su consumo, posteriormente, se realizó un promedio del consumo de papel, por cada componente. Se aplicó la fórmula para hallar el peso en Kg del número total de hojas. Al llegar a este valor, se multiplicó por el factor de emisión de hojas virgen y recicladas para obtener el factor de emisión y; finalmente, se aplicó la fórmula general (ver Tabla 7).

Tabla 7. Cálculo indirecto del consumo de papel.

Componentes	Cantidad anual Kg	Emisiones en Tn de CO2	Huella Ecológica en ha/año	Huella Ecológica en hag/año
Papel Virgen	66.7654398	0.12284841	49.0101435	63.22
Papel Reciclado	76.0660188	0.04640027	49.0038313	63.22
TOTAL		0.16924868	98.0139748	126.44

En relación al cálculo que se realizó para estimar las emisiones generadas por transporte (Tabla 8), primero se identificó cual era el modo de transporte principal de cada persona, posteriormente se obtuvieron los kilómetros recorridos durante una semana y las veces que el alumno se dirigió hacia la universidad en una semana. Al multiplicar los valores, se obtuvieron los Km totales recorridos durante 1 año y se los multiplicó directamente por los factores de Emisión establecidos en la Tabla 2.

Tabla 8. Cálculo indirecto del modo de transporte.

Tipo de transporte	%	N° de Estudiantes	Km Recorridos	Emisiones Tn de CO2	HE en ha/año	HE en hag/año
A pie o en bicicleta	38.89	3646	238.4	0	0	0
Motocicleta o Mototaxi	36.11	3385	655.44	206.34	66.04	85.19
Transporte público	16.67	1563	1380.14	863.29	120.29	155.17
Auto	8.33	781	867.88	174.67	63.42	81.82
TOTAL				1244.30	249.75	322.18

Al evaluar los resultados de cada componente de transportes, el que causa un indicador mayor de Huella de carbono, es el de Transporte público o Bus, con 155.17 Ha/año. Por el contrario, no se encontró un factor de emisión que evalué las emisiones de CO2 para el transporte a pie o bicicleta, por lo que este componente figura como el menor de todos (Figura 6).

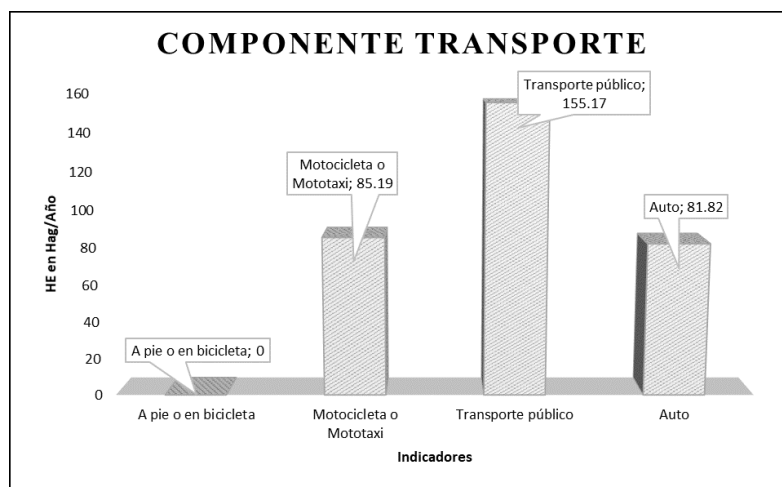


Figura 6. Cálculo de la Huella Ecológica para los modos de transporte.

Finalmente, en la Tabla 9, se muestra el resultado final obtenido del cálculo directo e indirecto, de los cuales se obtuvo que la Universidad Peruana Unión requiere 1171.52 hectáreas (ha) y de unas 1511.26 hectáreas globales (hag) para que capture el CO₂ producido por sus actividades. Con esto se estimó que la Huella Ecológica de la Universidad Peruana Unión para una población de 13670, es de 0.11 ha/persona/año.

Tabla 9. Resumen del cálculo directo e indirecto de la HE en la UPeU.

Alcances	HE en ha/año	HE hag/año	HE ha/persona/año
Cálculo directo	823.76	126.44	0.0093
Cálculo indirecto	98.01	322.18	0.024
Papel	249.75	1062.65	0.078
Transporte			
TOTAL	1171.52	1511.26	0.11

El cálculo de la HE estimado para la UPeU, resultó 0.11 ha/persona/año, la cual demuestra que es mayor a la que se realizó en el año 2017, que dio como resultado 0.08 ha/persona/año. A continuación, se hace una comparación entre los resultados de HE que obtuvieron algunas universidades en distintos países.

Tabla 10. Cálculo de la HE en distintas universidades.

Huella Percapita Para Universidades			
Abre.	Valor	unidades	Universidades
A Nivel Nacional			
Upeu	0.08	Ha/per/año	Universidad Peruana Unión - (2017)
Upeu	0.11	Ha/per/año	Universidad Peruana Unión - (2019)
PUCP	0.13	Ha/per/año	Pontificia Universidad Católica del Perú (2010)
UNSAM	0.051	Ha/per/año	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (2018)
A Nivel Sudamericano			
UTN	0.21	Ha/per/año	Universidad Técnica del Norte de Ecuador

UCV	0.011	Ha/per/año	Universidad Central de Venezuela
A Nivel Internacional			
USC	0.16	Ha/per/año	Universidad de Santiago de Compostela

4. Discusión

El método componente, fue aplicado y modificado en España, en la Universidad de Santiago de Compostela (USC) (López & Blanco, 2009), obteniendo una huella ecológica de 0.16 ha/persona/año, al haber procesado los datos del consumo de agua, construcción de edificios, consumo energía eléctrica, energía calórica, cogeneración, movilidad y consumo de papel. Aplicando esta misma modificación, la Universidad Central Marta Abreu de las Villas de Cuba, Universidad de Pereira de Colombia, Universidad Técnica del Norte de Ecuador y la Universidad Central de Venezuela, calcularon su huella ecológica; dando como resultado 0.21 ha/persona/año (Mas et al., 2012), 0.11 ha/persona/año (Molina, Jhefrey, Ocampo, 2016), 0.17 ha/persona/año (Romero, 2017) y 0.030 ha/persona/año (Guerra & Rincón, 2018), respectivamente.

Asimismo, en otro estudio realizado por Liu et al., (2018), modificó el método componente, para aplicarlo en el cálculo de la huella ecológica en la construcción de un campus ecológico de China. Su modificación consistió en desglosar cada componente; por ejemplo, para el cálculo de la huella por el consumo de energía, se consideró la proveniente por el uso de gas, petróleo, electricidad y de energía térmica. La forma de modificación de este método, fue aplicada por Gottlieb et al., (2012), en su análisis de la huella ecológica a escala institucional de una escuela secundaria Israelí, donde obtuvo una Huella ecológica de 0.21 ha/persona/año.

En Perú, la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Ancash también realizó el cálculo de su huella ecológica, donde obtuvo un valor de 0.051 ha/persona/año (Huerta & Popayán, 2018). Por otro lado, la Pontificia Universidad Católica del Perú, después de aplicar el cálculo de la estimación de su huella ecológica, obtuvo un valor de 0.13 ha/persona/año. Del mismo modo, la Universidad Peruana Unión, aplicó el método modificado por López & Blanco, (2009), realizada por (Jaimes, 2018), dando como resultado de huella ecológica, 0.08 ha/persona/año.

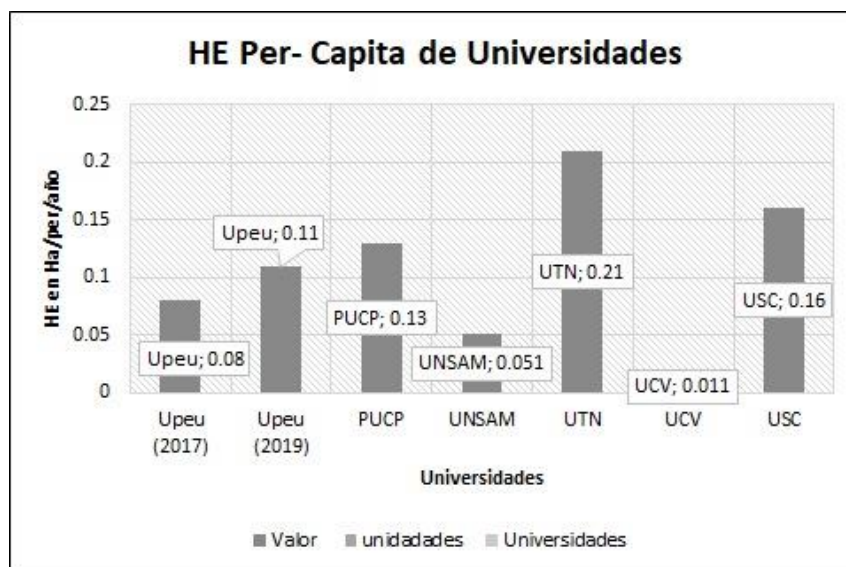


Figura 7. Comparación de la HE obtenida en diferentes universidades del mundo.

5. Conclusiones

La Huella Ecológica es una herramienta para evaluar la sostenibilidad, a su vez, su uso por parte de algunas instituciones públicas y privadas, especialmente de las universidades hace un seguimiento del consumo de recursos que se requiere, así como la cantidad de desechos y emisiones que se generan a la naturaleza.

La huella ecológica calculada para la Universidad Peruana Unión, muestra los resultados obtenidos para la huella total y per cápita. Además, se pudo determinar los componentes para cada categoría, para los periodos 2019 I y 2019 II.

La Universidad Peruana Unión necesitó una extensión de 117.62 ha de bosque, en el año académico 2019 y de 1511.26 ha para asimilar las emisiones de CO₂ producidas. Y para una población de 13670, la HE es de 0.11 ha/persona/año.

6. Recomendaciones

Se recomienda poner mayor atención en la generación de residuos, dado que es el componente que representa un 30% de la Huella Ecológica total estimada. El cual puede disminuir con la aplicación de medidas de ecoeficiencia, como los indicadores de seguimiento y la mejora de la gestión de RRSS.

En una futura investigación, considerar el cálculo de la huella ecológica que representa el consumo de comida dentro de las instalaciones de la universidad, como el comedor y bazar universitarios.

Realizar convenios con otras instituciones como la *Global ecological footprint network*, para tener un mejor control de la huella ecológica de la universidad, y ser una guía para el cumplimiento de los objetivos de la universidad.

Bibliografía

- Barrett, J. (2001). Component ecological footprint: Developing sustainable scenarios. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 19(2), 107–118. <https://doi.org/10.3152/147154601781767069>
- Carnegie Airborne. (2018). The High-Resolution Carbon Geography of Perú. 18–19.
- Catalunya, G. De, Interdepartamental, C., & Climático, D. C. (2011). Gases, Emisiones D E Invernadero, D E Efecto. 0–66.
- Cuchí Burgos, A., & López Caballero, I. (1999). Informe MIES. Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental al'ETSAV. Informe MIES, 28. <https://www.upc.edu/sostenible2015/ambits/la-gestio-interna/energia-i-aigua/mies.pdf>
- Floyd, J., & Fowler, J. (2014). *Survey Research Methods*. Boston: Thousand Oaks, CA: SAGE Publications..
- FONAM. (20 de Octubre de 2009). FONAM. Obtenido de FONAM: <https://fonamperu.org.pe/documentos-fonam/>
- Gottlieb, D., Kissinger, M., Vigoda-Gadot, E., & Haim, A. (2012). Analyzing the ecological footprint at the institutional scale - The case of an Israeli high-school. *Ecological Indicators*, 18, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.010>.
- Guerra, J., & Rincón, I. (2018). Calculation of carbon footprint in the universidad central de Venezuela campus. *Revista Luna Azul*, 46, 3–19. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.2>.
- Huerta, J., & Popayán, E. (2018). Determinación de la huella ecológica en la comunidad universitaria “Santiago Antúnez de Mayolo”, campus universitario de Shancayán - período anual 2014. [Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo”]. In Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2450>.
- Jaimes, L. (2018). Estimación De La Huella Ecológica De La Universidad Peruana Unión Tesis Para Optar El Grado Académico De Magistra En Desarrollo Ambiental [Pontificia Universidad Católica Del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3000/SilvaAcosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Liu, Y., Liu, Y., Guo, Y., Wei, Z., & Ma, Z. (2018). Application of ecological footprint in the construction of ecological campus. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 397(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/397/1/012097>
- López Álvarez, N., & Blanco Heras, D. (2009). Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. *Metodología Para El Cálculo de La Huella Ecológica En Universidades*, 1–24. http://www.conama9.org/conama9/%0Adownload/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf%0A
- Marañón Maison, M. E. I. G. D. J. L. F. N. Y. G. M. (2008). Propuesta de índices de conversión para la obtención de la huella de los residuos y los vertidos. *Observatorio Iberoamericano Del Desarrollo Local y Economía Social (OIDLES)*, 2(4).
- Martínez, R. (2008). Education And Ecological Footprint Róger Martínez Castillo Education And Ecological Footprint. *Actualidades Investigativas En Educación*, 8, 1–28. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44780103>.
- Mas, J. L., Rodríguez Rico, I. L., & Nodal, P. M. (2012). Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. *Afinidad LXVIII*, 68(557), 30–34.
- MIMAN. (22 de Noviembre de 2015). MINAM. Obtenido de MINAM: http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2015/12/De-la-COP20_CMP10-al-mundo__A2G__27-11-2015.pdf
- Molina, Jhefrey, Ocampo, M. (2016). Cálculo De La Huella Ecológica En El Campus De La Universidad Tecnológica De Pereira (Vol. 6).
- National Council for Air and Stream Improvement Inc. (NCASI). (2005). *Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Wood Product Facilities*. 172. www.ncasi.org
- Romero, R. (2017). Ecological Footprint Calculation Of The Technical University El Olivo Campus , Norte-Campus El Olivo , Enero - Diciembre 2015. *Revista CIENCIA*, 19(December 2015), 465–476.

- Simmons, C., Lewis, K., & Barrett, J. (2000). Two feet two approaches: A component-based model of ecological footprinting. *Ecological Economics*, 32(3), 375–380. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00158-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00158-5)
- Sosa-Rodrigues, B. A., & García-Vivas, Y. S. (2019). Emission of greenhouse gases in the soil under the green manure effect. *Agronomy Mesoamerican*, 30(3), 767–782. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36103>
- Torres, S. (Universidad I., López, A. (Universidad I., Moreno, M. (Universidad I., & Restrepo, L. (Universidad I. (2011). Metodología para la determinación de la huella ecológica en el área de exhibiciones del Zoológico de Cali. *Revista S&T*, 10(20), 51–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.18046/syt.v10i20.1149>
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New society publishers.
- Zeron, M., & Arias, J. (2019). *Huella de Carbono según la ISO 14064-1:2011 de las actividades académicas de la Universidad Peruana Unión, sede Lima*. Universidad Peruana Unión Facultad.