

**ANÁLISIS DE ECONOMÍA CIRCULAR ASOCIADO A LA GENERACIÓN Y
MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE
PEREIRA**

STANLEY LEE RIVERA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

2019

**ANÁLISIS DE ECONOMÍA CIRCULAR ASOCIADO A LA GENERACIÓN Y
MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE
PEREIRA**

STANLEY LEE RIVERA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ADMINISTRADOR
AMBIENTAL**

DIRECTOR

**DARWIN EDISON HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA
MAGISTER INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTE**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PEREIRA**

NOTA DE ACEPTACIÓN

DARWIN EDISON HERNANDEZ

DIRECTOR

PEREIRA, 29 DE NOVIEMBRE DE 2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a Dios, por estar siempre conmigo y haberme dado a mis padres, José Stanley Lee y Alba Lucia Rivera, gracias por sembrar en mí los valores y principios de la familia, a mi hermana por la compañía y apoyo incondicional. Agradecer también, a la Familia Bedoya Villa por su ayuda en los momentos difíciles y acompañarme a superar los obstáculos que se me presentaron en mi diario vivir. Así mismo, agradecer a los docentes de la Facultad de Ciencias Ambientales, mis compañeros de clase, amigos, el Semillero de investigación de Residuos Sólidos y en especial a **Tres Mujeres Adriana Marcela Ruiz Sánchez, Martha Isabel Ángel Pardo y Daniela Urrutia Acevedo** por contribuir a este proyecto. Además, dar las gracias al profesor **Darwin Hernández Sepúlveda** por su paciencia y compromiso, la profesora **Janneth Astrid Cubillos Vargas** por el acompañamiento y, por último, **Diana Carolina Ramírez Macías** del Centro de Gestión Ambiental de la UTP por las asesorías y apoyo constante.

CONTENIDO

1.1 Resumen	6
1.2 Introducción	7
1.3 Justificación	8
1.4 Marco Teórico	9
1.4.1 ANTECEDENTE HISTÓRICO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	9
1.5 Referente Teórico	10
1.6 Marco Normativo	15
1.7 Planteamiento del problema	15
1.8 Objetivos	17
1.8.1 Objetivo General	17
1.8.2 Objetivos específicos	16
1.8.2.1 Objetivos específicos 1	16
1.8.2.2 Objetivo específico 2	16
1.8.2.3 Objetivo específico 3	16
2. Metodología	17
2.1 Metodología objetivo 1	17
2.1.1 Índice de flujo de residuos sólidos (IFRS)	17
2.1.2 Metodología objetivo 2	18
2.1.2.1 Índice de Emisiones	19
2.1.2.2 Índice de aspectos socioeconómicos	20
2.1.3 Metodología objetivo 3	21

2.1.3.1 Metodología de Economía Circular asociados a la generación y manejo de RS de la Universidad Tecnológica de Pereira	21
3. Resultados	22
3.1 Resultados objetivo 1	22
3.1.1 GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO	23
3.1.2 Resultados objetivo 2	25
3.1.2.1 SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR APLICADO A LA GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.	
3.2 Resultados objetivo 3	32
3.2.1 VALIDAR EL SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR ASOCIADO A LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS	32
4. Factores de referencia para el análisis de escenarios frente a la dinámica de generación y manejo de Residuos Sólidos (RS) en el campus universitario (UTP).....	33
5. Escenarios hipotéticos de la generación de residuos sólidos de la UTP.....	34
6. Valoración del escenario actual y escenario de aprovechamiento 100%	35
7 HC del aprovechamiento de Residuos Sólidos (papeles, plásticos, vidrios y metales)	36
8. Conclusiones	
Bibliografía	
Anexos	
1. Cronograma	
2. Diagrama de Economía circular	
3. Factores de referencia para el análisis de escenarios frente a la dinámica de generación y manejo de Residuos Sólidos (RS) en el campus universitario (UTP)	
4. Huella de carbono de residuos sólidos ordinarios (RS) universidad tecnológica de Pereira	

5. 1.1 RESUMEN

Este trabajo está enmarcado en el manejo integral de residuos sólidos ordinarios en la Universidad Tecnológica de Pereira, se propone un sistema de indicadores ambientales que contribuyan al mejoramiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos al interior del campus universitario, para esto se definieron marcos ordenadores de economía circular asociados a la generación de residuos sólidos ordinarios biodegradables y no biodegradables aprovechables. También, se aplicó la metodología Ellen MacArthur que consiste en restaurar y recuperar a propósito, y que trata de que los productos, elementos y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento y por último se validó el sistema de indicadores de economía circular por medio de escenarios propuestos por Hernández en el año 2019. Sumando a eso, se determinó una escala de 1 a 100 que tan circular es el manejo de los RS al interior de la universidad y arrojando un valor de 24,6 que lo ubica en un rango bajo, esto quiere decir que la universidad tecnológica en la circularidad frente al manejo de los residuos sólidos es de 24,6 constituyendo la línea base que permite tomarse como referencia para definir la metas frente el futuro el manejo de los residuos sólidos y este rango bajo puede estar asociado al no aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradables, constituyen uno de los flujos más importantes en el campus.

ABSTRACT

This work is part of the integral management of ordinary solid waste at the Technological University of Pereira, a system of environmental indicators is proposed that contribute to the improvement of the Integrated Management of Solid Waste within the university campus, for this purpose the computer frameworks were defined. Circular economy associated with the generation of biodegradable and non-biodegradable ordinary solid waste. In addition, the Ellen MacArthur methodology was applied, which consists of restoring and recovering on purpose, and that tries to ensure that products, elements and materials maintain their maximum utility and value at all times and finally the system of circular economy indicators was validated half of the scenarios proposed by Hernández in 2019. In addition to that, a scale of 1 to 100 was determined how circular is the management of the RS within the university and throwing a value of 24.6 that places it in a range low, this means that the technological university in the circularity against solid waste management is 24.6 constituting the baseline that allows to take as a reference to define the objectives for the future solid waste management and this Low range may be associated with the use of biodegradable solid waste, is one of the most important flows on campus.

Palabras Clave: Indicador, Huella de carbono, Economía circular, Flujo de material, Residuo sólido.

1.2 INTRODUCCIÓN

Hoy en día las universidades por su dinámica poblacional y el alcance de las actividades realizadas dentro de la institución, determinan la necesidad de contar con una adecuada gestión integral de sus residuos, de modo que se articulen los componentes administrativos, culturales, ambientales y técnicos asociados a la generación, recolección, transporte y disposición final (UTP, 2009). La Universidad Tecnológica de Pereira actualmente es catalogada como gran generadora de residuos ante la autoridad ambiental, por lo tanto, debe tener un seguimiento constante a las diferentes dependencias generadoras de este tipo de residuos, es por esto la importancia de evaluar y establecer si es el caso nuevo indicadores que ayuden a fortalecer la gestión integral de residuos dentro del campus universitario.

Continuando con el párrafo anterior, la presente investigación está enfocada al análisis de manejo y generación de residuos sólidos ordinarios de la Universidad Tecnológica de Pereira, con el fin de proponer un sistema de indicadores de economía circular asociado a la generación y manejo de residuos sólidos; como primera instancia, se formuló tres objetivos específicos con el propósito principal de analizar por medio de la economía circular la generación de los residuos sólidos ordinarios del campus, para alcanzar el objetivo principal se utilizó la metodología de Ellen MacArthur y a su vez se tomó como referencia la Tesis Doctoral del profesor Darwin Hernández Sepúlveda “Arreglos estructurales que promuevan la iniciativa de basura cero en ciudades intermedias en Colombia, estudio de caso Pereira (Risaralda)”.

En primer lugar, se realizó el flujo de los residuos sólidos ordinarios por medio de documentos suministrados por el Centro de Gestión Ambiental de la UTP y el grupo GIAS¹, se calculó la cantidad generada y el aprovechamiento de residuos no biodegradables aprovechables y no biodegradables no reciclados, los resultados mostraron 39 toneladas al año de residuos no biodegradables aprovechables y 75 toneladas al año en residuos no biodegradables no reciclados. Así mismo, se calculó los residuos biodegradables con 82 toneladas al año obtenidos por el grupo GIAS.

El segundo paso fue definir los marcos ordenadores de economía circular en función de su posibilidad de ser utilizados como herramienta de análisis en un sistema de generación y manejo de residuos sólidos dentro del campus universitario; posteriormente se seleccionaron y estructuraron 4 índices de la siguiente manera, índice de flujo de material, índice de huella de carbono, índice de aspectos sociales y económicos. Finalmente, se estructuró el índice agregativo de economía circular que agrupó los anteriores y que se permite consolidar el sistema de indicadores de circularidad asociado a la generación y manejo de residuos sólidos en la universidad tecnológica de Pereira, permitiendo determinar la eficiencia ambiental, desde aspectos biofísicos y socioeconómicos, de la actual estructura de manejo frente a los principios

¹ Grupo de investigación en agua y saneamiento adscrito a la Universidad Tecnológica de Pereira, su director es Diego Paredes Cuervo, líneas de investigación: Agua y Saneamiento, Bioremediación, Calidad y fuentes de contaminación de recursos hídricos, Fitorremediación, Fitorremediación de aguas residuales domésticas e industriales, Gestión de la calidad y cantidad del agua, Gestión integral de residuos sólidos, Producción más limpia aplicada a la gestión del agua Sistemas Naturales

de la Economía Circular. Frente a lo anterior, surge la necesidad de desarrollar indicadores ambientales que promuevan estrategias que maximicen el aprovechamiento y minimicen el uso de materiales de mayor impacto (Polanco, 2005), mediante una propuesta de economía circular asociado a la generación de manejo de residuos sólidos en la universidad tecnológica de Pereira, aplicando un modelo que incorpore aspectos técnicos, económicos, sociales, legales e institucionales.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día las universidades por su dinámica poblacional y el alcance de las actividades realizadas dentro de la institución, determinan la necesidad de contar con una adecuada gestión integral de sus residuos, de modo que se articulen los componentes administrativos, culturales, ambientales y técnicos asociados a la generación, recolección, transporte y disposición final (UTP, 2009). Esto hace que las autoridades y distintos estamentos nacionales e internacionales exigen que las Universidades y Colegios adopten el desarrollo sostenible como una estrategia en todas sus operaciones para tener un impacto positivo en el bienestar socio-económico y ambiental de las comunidades cercanas y lejanas. Por lo anterior, la Universidad Tecnológica de Pereira a partir de la formulación del Plan de Manejo Ambiental en el año 2009, propició la creación del Acuerdo N° 41 de 18 de noviembre de 2010, el cual adoptó la política ambiental de la universidad tecnológica de Pereira, con miras a lograr una sostenibilidad ambiental dentro del campus universitario.

Uno de los compromisos establecidos en la Política Ambiental es dar un adecuado manejo a los residuos sólidos generados. La institución ha venido adelantando procesos con el fin de dar solución a los problemas encontrados por la producción de residuos sólidos tanto ordinarios como peligrosos, para este último se emitió en el año 2015 la resolución N° 956 del 5 de marzo la cual tuvo como propósito adoptar el Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos, el cual se formularon indicadores donde se evaluaba el cumplimiento del Plan y así los requerimientos ambientales.

La UTP actualmente es catalogada como gran generadora de residuos sólidos ordinarios y peligrosos ante la autoridad ambiental, por lo tanto, debe tener un seguimiento constante a las diferentes dependencias generadoras de este tipo de residuos, es por esto la importancia de evaluar y establecer si es el caso nuevo indicadores que ayuden a fortalecer la gestión integral de residuos dentro del campus universitario. En este sentido la importancia de generar sistemas de información basados en indicadores altamente verificables que permitan el acceso a información precisa, actualizada y certera de las diferentes instituciones, en este caso sobre el manejo de residuos sólidos en la UTP enfocados a los principios de Economía Circular. Por otra parte, los indicadores son instrumentos fundamentales y alternativas tecnológicas para operar la generación, almacenamiento, análisis y flujo de la información en las instituciones educativas (“Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones,” 2006).

Por otro lado, en los últimos años la Economía Circular ha cobrado importancia, la cual es incluida en la formulación de nuevas políticas, con el fin de poder abordar los problemas de sostenibilidad y utilización de recursos naturales, por tanto, establece un paradigma alternativo, donde se presenta un cambio en los modos producción pasando de ser un sistema lineal a un sistema circular (Brennan et al., 2015). También, presenta un modelo Económico alternativo de producción y consumo, con el potencial de abrir oportunidades de negocio y crecimiento para las organizaciones que quieran implementar. De esta manera, “la EC representa una enorme

oportunidad para las instituciones. Con la perspectiva de un sistema amplio, nos ayuda en la toma de decisiones acerca del uso de los recursos, la minimización de pérdidas, y ayuda a proveer un valor agregado a los negocios y definir una ruta segura para lograr el bienestar social y la sostenibilidad ambiental para las generaciones futuras. Y aún más importante, bajo condiciones adecuadas, la economía circular puede cambiarla diversidad económica actual y, al mismo tiempo, incrementar el empleo.”²

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 ANTECEDENTE HISTÓRICO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

La Universidad Tecnológica de Pereira lleva 58 años al servicio de la comunidad universitaria, donde ha venido realizando acciones para mejoramiento del campus en temas ambientales. El fundador y primer Rector del campus, Doctor Jorge Roa Martínez, inicia trabajo el 4 de marzo de 1961, Gracias a este hombre impulso inicial y al programa académico que la hacen merecedora de un gran prestigio a nivel regional y nacional. Así mismo, en 1983, la Universidad inicia los procesos de gestión ambiental creando el Jardín Botánico, que con una extensión de 12.7 hectáreas es hoy el bosque más grande y mejor conservado de la ciudad de Pereira. Además, el campus universitario está contemplado en el Plan de Ordenamiento Territorial y es una de las universidades de mayor conservación de áreas de 61,4% (García & Agudelo, 2013).

Dando continuidad a los acontecimientos, en 1991 se crea la Facultad de Ciencias Ambientales; ofreciendo dos programas de pregrado Administración ambiental y turismo sostenible, también maestría y doctorado; busca formar líderes que estén en capacidad de administrar técnica y científicamente el medio ambiente, la oferta potencial de recursos a nivel biofísico en diferente escala, generando nuevos criterios que promuevan el ascenso en la calidad de vida dentro de un proceso de desarrollo racional y sostenible.

En 1998, con el apoyo de la Agencia de Cooperación Alemana GTZ como de estudiantes y docentes de la FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES, se construyó la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), que capta el 60% de las aguas residuales generadas en el campus y remueve hasta el 80% la carga contaminante (García AM, Agudelo, YJ. 2013. Pereira). En el 2006, se conforma el Grupo de Gestión Ambiental y Sanitaria (GAGAS), que tiene entre sus tareas asesorar a la Rectoría en temas ambientales y dar respuesta, direccionamiento a los requerimientos de tipo ambiental y sanitario de los organismos de control regional y nacional. Ese mismo año, se formula el Plan de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Especiales de la Universidad (García & Agudelo, 2013).

La UTP planteó dentro de su Plan Estratégico de Desarrollo 2007-2019 la definición y adopción de una Política Ambiental Institucional y la actualización e implementación del Plan de Manejo Ambiental, ya en el año 2008, la Institución formula su Plan de Desarrollo Institucional (PDI) “La Universidad que tienes en mente” (García & Agudelo, 2013)□, reconociendo su responsabilidad y compromiso mediante la inclusión de la dimensión ambiental dentro del objetivo estratégico: Desarrollo Institucional. Dos años más tarde la Universidad Tecnológica

² Frans van Houten Director Ejecutivo y Presidente del Consejo de Administración y el Comité Ejecutivo, Philips. Junio 2015

de Pereira adoptó mediante Acuerdo del Consejo Superior No 41, la Política Ambiental Institucional la cual contiene un conjunto de directrices, metas y compromisos Institucionales para propiciar un buen desempeño ambiental además de generar un proceso de responsabilidad social como ente formador de los futuros profesionales de la región.

De esta manera, la institución ha adelantado procesos con el fin de dar solución a los problemas encontrados por la producción de residuos sólidos tanto ordinarios como peligrosos, para este último se emitió en el año 2015 la resolución N° 956 del 5 de marzo la cual tuvo como propósito adoptar el Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos, el cual se formularon indicadores donde se evaluaba el cumplimiento del Plan y así los requerimientos ambientales.

Para el año 2017, con la dirección del actual Rector Luis Fernando Gaviria Trujillo, se realizó un proyecto para reducir la carga contaminante de aguas residuales generadas por el campus universitario, así, conservando los procesos biológicos en el agua superficial del río consotá y del medio ambiente en el municipio de Pereira. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tiene como finalidad garantizar el cumplimiento de las normas de vertimiento, manejo, tratamiento y disposición final de lodos resultantes (García & Agudelo, 2013). Para concluir, la UTP, ha venido fortaleciendo sus procesos en la protección del medio ambiente, esto ha generado aparición de dependencias ambientales institucional como necesidad en su dinámica poblacional y el alcance de las actividades realizadas dentro de la institución, esto llevó a cabo de contar con una gestión integral del campus que ayude al desarrollo sostenible como una estrategia en todas sus operaciones para tener un impacto positivo en el bienestar socio-económico y ambiental de las comunidades cercanas y lejanas.

1.5 REFERENTE TEÓRICO

A nivel internacional, algunas universidades están implementando sistemas con enfoques de desarrollo sostenible dentro del campus universitario (Wright, 2002). Igualmente, las instituciones a nivel mundial han optado por crear políticas de sostenibilidad ambiental adquiriendo compromisos en el manejo de los residuos sólidos generados en las instalaciones del campus; tal es el caso de la Universidad de Edimburgo, la cual ha manifestado su compromiso con las buenas prácticas ambientales con estrategias de sostenibilidad y responsabilidad social describiendo un conjunto de objetivos y resultados sobre aspectos de sostenibilidad, en particular en temas de Reciclaje y Gestión de Residuos (Ruckley, 2010).

En algunos países de la Comunidad Europea, países asiáticos como China, Japón y Corea han establecido redes de universidades que procuran la unificación de criterios para la puesta en marcha del desarrollo sostenible dentro de las instituciones académicas, es el caso de México, Cuba y Chile. Además, universidades se han agrupado en redes como la Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente (OIUDSMA) con más de 60 instituciones de Iberoamérica, así como la Red de Ambientalización Curricular de Estudios Superiores (ACES) que agrupa universidades de Europa y Latinoamérica (Barrientos et al., 2009). Otro ejemplo, es la Universidad de Florida en los Estados Unidos, también genera prácticas dirigidas a la gestión de residuos dentro del campus; para el año 2009 la Universidad realizó un estudio sobre el manejo y composición de los residuos sólidos generados en la institución y las oportunidades para una reducción de los mismos (University of Florida, 2009).

Por otra parte, los indicadores ambientales y sus sistemas son instrumentos que contribuyen al mejoramiento de la generación, almacenamiento, análisis y flujo de la información. En países

como Colombia, un error muy común en la gestión de proyectos de toda índole es que han sido mayores los desarrollos conceptuales con relación a los modelos orientados en la teoría general de sistemas que en definir lógicamente, organizar sus componentes, articular los diferentes subsistemas, interconectarlos y desarrollar formatos sobre diferentes fuentes de información (Polanco, 2005). En este sentido la importancia de generar sistemas de información basados en indicadores ambientales altamente verificables que permitan el acceso a información precisa, actualizada y certera. A continuación, se mencionan los conceptos utilizados en el proyecto investigativo:

1.5.1 Indicador

El primer caso menciona que un indicador es “una observación empírica o estimación estadística que sintetiza aspectos de uno o más fenómenos que resultan importantes para uno o más propósitos analíticos y de monitoreo en el tiempo. Si bien el término indicador puede aludir a cualquier característica observable de un fenómeno, suele aplicarse a aquellas que son susceptibles de expresión numérica y que son pertinentes o de máxima importancia para el interés público” (Quiroga, 2009).

1.5.2 Economía Circular (EC)

Durante los últimos años, la Economía Circular (EC) fue introducida a partir de la influencia ejercida por la Fundación Ellen MacArthur, que logró que este enfoque fuese aceptado totalmente por la Comisión Europea y las juntas directivas de grandes corporaciones multinacionales (Morató, 2017). La integralidad de este concepto se soporta en los siguientes aspectos: Incorporación de las diferentes fases del ciclo de vida de productos, procesos o servicios (EEA, 2016) con enfoque de minimización, reciclaje y uso de energías limpias: materias primas, ecodiseño, producción, consumo, transporte y fin de vida de bienes de consumo obsoletos. Aplicación en los niveles macro (ciudades, regiones o naciones), meso (eco parques industriales) y micro (empresas individuales o clientes) (Ghisellini et al., 2016) Integración de dinámicas ambientales desde dimensiones biofísicas y socioeconómicas. Esta integración se logra mediante la evaluación de la sostenibilidad del sistema evaluado, a través de la medición de factores de ofertas y demandas ambientales, representadas en el impacto y la presión sobre elementos naturales de la estructura ecológica y las dinámicas sociales y económicas entorno a factores institucionales, de producción, consumo y generación y manejo de residuos.

La economía circular se basa en los siguientes principios (ver Anexo 2) rectores (Morato, 2017): a) Se busca desde el diseño de productos o servicios la prevención en la generación de residuos, pensando en dar una segunda oportunidad al objeto a partir del diseño, con nuevos valores añadidos que permita la reducción de insumos y energía; b) construir resiliencia de los productos y servicios, que aporte a la utilidad de su largo de su ciclo de vida. La resiliencia de los productos propone reducir la obsolescencia e incrementar la funcionalidad y el uso; c) la utilización de energías renovables para la producción, consumo y el uso de un producto, con la finalidad de reducir drásticamente el impacto negativo al medio ambiente (emisiones de gases invernadero, vertidos tóxicos en ríos y mares, etc.) y la salud humana; d) tener un pensamiento sistémico, donde las diferentes partes se relacionan entre sí y con el sistema a diferentes escalas espacio-temporales y en relaciones con variables múltiples, teniendo en cuenta un enfoque de flujos y reservas, orientado a la circularidad y la transformación social y del medio natural; e) que los residuos no sean rechazados, sino que se pueda transformar en un recurso en los ciclos biológicos. Por ejemplo, con su reutilización biorestaurativa, en ciclos de materiales

tecnológicos a través de simbiosis industrial, reutilizando los residuos descartados por una industria; f) pensamiento local, donde las organizaciones y las comunidades estén influenciadas y puedan aprovechar al máximo los recursos, y al mismo tiempo podrán favorecer y fortalecer la capacidad creativa e innovadora local; g) pensamiento en cascada basándose en la posibilidad de incrementar el valor de una materia prima o secundaria a través de la definición de sus funciones concretas, e intentar introducirla en una parte del ciclo de vida de su mismo uso o en la de otros usos distintos; h) El rendimiento tiene que ser sinérgico y basado en la creación de beneficios múltiples, incluyendo la creación de valores añadidos, de puestos de trabajo y la reducción del consumo de recursos. Eso supondría la reducción de los impactos negativos a partir de sistemas naturales y socio-económicos.

Otro aspecto importante del concepto de EC con cero disposiciones finales es su propuesta de conversión de un metabolismo urbano lineal a un metabolismo circular, entendiendo metabolismo urbano como “la suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que se producen en las ciudades, lo que resulta en el crecimiento, la producción de energía, y la eliminación de residuos” (Kennedy, 2008). La mayoría de las ciudades tienen un metabolismo con flujo lineal, donde los materiales, la energía y el agua que se consumen son producidos después en forma de residuos sólidos, aguas residuales y emisiones atmosféricas (Zaman y Lehman, 2013). En este sentido, un cambio a una EC requiere ecoinnovaciones para cerrar el círculo del ciclo de vida de los productos, obtener productos valiosos para otros a partir del desperdicio y resolver las necesidades de resiliencia ambiental a pesar de la tendencia al crecimiento económico.

En la literatura, el término ecoinnovación generalmente se entiende como “la producción, aplicación o explotación de un bien, servicio, proceso de producción, estructura organizativa o método de gestión o negocio que sea novedoso para la empresa o el usuario y que resulte, a lo largo de su ciclo de vida, en una reducción del riesgo ambiental, la contaminación y los impactos negativos del uso de los recursos (incluido el uso de energía) en comparación con las alternativas pertinentes”. Por lo tanto, la EC es la manifestación de un cambio de paradigma y requerirá cambios en la forma en que la sociedad legisla, produce y consume innovaciones, al tiempo que utiliza la naturaleza como inspiración para responder a las necesidades sociales y ambientales (Prieto et al., 2013).

1.5.3 Indicadores de Economía Circular

Dada la importancia que tiene la medición de aspectos relacionados con la eficiencia ambiental de los sistemas de generación y manejo de residuos sólidos, surge la necesidad de consolidar herramientas que permitan valorar y comparar el desempeño través del tiempo. Dentro de estas herramientas se encuentran los sistemas de indicadores e índices, cuya estructura debe incorporar aspectos como la ponderación de factores (técnicos, económicos, sociales, institucionales, etc.) y la complejidad de este tipo de sistemas que requieren enfoques holísticos, además de tener la capacidad para medir satisfactoriamente (con confiabilidad y validez) la efectividad de las estructuras y estrategias en cada sistema de interés.

Lo anterior implica la estructuración de marcos ordenadores que permitan la selección y estructuraron de un sistema de índices e indicadores que permitan determinar la eficiencia ambiental, desde aspectos biofísicos y socioeconómicos, de la actual estructura de generación y manejo de RS con respecto a los principios de la Economía Circular.

Un indicador se entiende como una variable que en función del valor que asume en determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente y que los usuarios decodificaron más allá de lo que muestran directamente, porque existe un constructo cultural y de significado social que se asocia al mismo (Quiroga, 2001).

En el estado del arte de Quiroga (2001) de los indicadores de sostenibilidad en América Latina, plantea la existencia de tres tipos de indicadores de acuerdo con la evolución que ha tenido el tema: Indicadores de primera generación: Se refiere a indicadores ambientales clásicos, emparentados con los indicadores modernos de calidad ambiental, pero sin incorporar más que temas ecológicos. Indicadores de segunda generación: Dan un paso adelante al incorporar otras dimensiones como económica, social e institucional. Indicadores de tercera generación: Aunque aún se encuentran en construcción, representan un avance sobre los anteriores, ya que se trata de indicadores sinérgicos que bajo una expresión agregada tipo índice, incorporan simultáneamente varios atributos o dimensiones.

Este enfoque permite identificar la condición individual o agregativa como primer criterio de clasificación y selección frente a un posible sistema de indicadores e índices, entendiendo los individuales (indicadores) como aquellos que hacen referencia a una sola variable de interés, mientras que los agregativos (índices) se encargan de integrar o desplegar diferentes aspectos de interés ambiental, tanto desde dinámicas biofísicas como socioeconómicas.

Uno de los factores claves para medir la efectividad ambiental de las estructuras de manejo de residuos sólidos, es la posibilidad de contar con herramientas de medición que constituyan criterios válidos y confiables para la toma de decisiones. Al respecto se puede evidenciar una amplia gama de índices e indicadores que dan claridad frente a la posibilidad de medir aspectos técnicos, económicos, y ambientales asociados a las diferentes etapas del ciclo de vida de los materiales que conforman el flujo de los residuos sólidos, sin embargo, se observa debilidad frente a la incorporación de variables y factores socioeconómicos. Esta circunstancia hace pensar en el enfoque de Economía Circular, cuya claridad conceptual y principios permiten estructurar un sistema de indicadores que incorporen de manera holística las variables de interés en un índice agregativo.

En (Elia et al., 2017) se expone la posible conformación de un sistema de indicadores para evaluar el cumplimiento de los principios de la Economía Circular (EC). Su propuesta se basa en la necesidad de medir el desmonte del crecimiento económico con respecto a las presiones ambientales derivadas del consumo de recursos y la generación de residuos, en el marco de la transición de sistemas lineales a sistemas circulares, resaltando el esfuerzo de autores como (Di Maio y Rem, 2015; Geng et al., 2013; Genovese et al., 2015; Guoguang y Chen, 2011; Moriguchi, 2007; Pintor, 2006; Zhijun y Nailing, 2007). Igualmente, ratifica la necesidad de estructurar indicadores que incorporen la minimización en la generación de residuos sólidos, su reincorporación en ciclos de reciclaje (Ghisellini et al., 2016), y la eficiencia y uso sostenible de los recursos (Heck, 2006) a través de la incorporación de las diferentes etapas del ciclo de vida de bienes de consumo: materias primas, ecodiseño, producción, consumo y reciclaje de residuos (EEA, 2016).

Según Elia et al., (2017) para medir la efectividad ambiental de los principios de economía circular (EC) se hace partiendo de los parámetros a medir (flujo de materiales, flujo de energía, uso del suelo y otros basados en el ciclo de vida) y la tipología de los índices propuestos (sintéticos y múltiples). A continuación, se expone algunos de los índices evaluados dentro de los principios de economía circular:

Entre los indicadores únicos o sintéticos se encuentra Huella de carbono – CF, la cual permite medir el impacto de las actividades humanas en clima global, expresado como emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI o GreenHouse Gases - GHG) generado por un sistema. La contribución de GEI (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆)- se evalúa y expresan como unidades equivalentes de CO₂ (CO₂eq), considerando su potencial de calentamiento global específico (GWP). Su estimación se basa en el concepto de análisis de ciclo de vida. Existen diferentes estándares para respaldar la estimación de CF: El PAS 2050 publicado por BSI (British Standards Institution) (British Standards Institution, 2011), el protocolo de GEI publicado por World Resources Institute (WRI, WBCSD, 2011) y finalmente, el ISO 14067 (Organización Internacional para la Estandarización, 2013) (ver Anexo 2). Uno de las principales fortalezas de la CF es que es de fácil entendimiento para los lectores no expertos. Su principal limitación es que se trata de un indicador único que no relaciona otras categorías de impacto.

Análisis de flujos de materia (MFA) es un índice múltiple, el cual se define como "una evaluación sistemática de los flujos y stocks de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo" (Brunner y Rechberger, 2004). También es utilizado por el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica, que proporciona estadísticas internacionales de comparación medioambiental y su relación con la economía. Su principal limitación es que no todos los impactos ambientales son explícitamente contabilizados. Igualmente, el MFA proporciona información sobre la cantidad de materiales utilizado, no sobre su calidad (Moriguchi, 2007). Por esta razón, el uso de MFA como único índice no es suficiente para un análisis completo de evaluación ambiental (Brunner y Rechberger, 2004).

1.5.4 Residuos sólidos institucionales

Según Samuel Ignacio Pineda 2011 los residuos institucionales son generados por establecimientos educativos donde este tipo de residuos tiene altos contenidos de materia orgánica representados por papel y cartón.

1.5.5 Huella de Carbono

Permite medir el impacto de las actividades humanas en clima global, expresado como emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI ó GreenHouse Gases - GHG) generado por un sistema. La contribución de GEI (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) se evalúan y expresan como unidades equivalentes de CO₂ (CO₂eq), considerando su potencial de calentamiento global específico (GWP). Su estimación se basa en el concepto de análisis de ciclo de vida. Existen diferentes estándares para respaldar la estimación de CF: El PAS 2050 publicado por BSI (British Standards Institution, 2011), el protocolo de GEI publicado por World Resources Institute (WRI y WBCSD, 2011), y finalmente, el ISO 14067 (Organización Internacional para la Estandarización, 2013). Uno de las principales fortalezas de la CF es que es de fácil entendimiento para los lectores no expertos. Su principal limitación es que se trata de un indicador único que no relaciona otras categorías de impacto (ver Anexo 3 y 4).

1.5.6 Análisis de flujo de material (MFA)

Se define como "una evaluación sistemática de los flujos y stocks de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo" (Brunner y Rechberger, 2004). También es utilizado por el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica, que proporciona estadísticas internacionales de comparación medioambiental y su relación con la economía. Su principal limitación es que no todos los impactos ambientales son explícitamente contabilizados.

Igualmente, el MFA proporciona información sobre la cantidad de materiales utilizado, no sobre su calidad (Moriguchi, 2007). Por esta razón, el uso de MFA como único índice no es suficiente para un análisis completo de evaluación ambiental (Brunner y Rechberger, 2004).

1.6 MARCO NORMATIVO

La economía circular constituye una política de estado enmarcada a través de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, establecido por planeación nacional fundamentado por el documento CONPES 3874 del año 2018, así mismo, la Estrategia Nacional de Economía Circular³, esta dos políticas mencionadas incorporan los conceptos de aprovechamiento y reciclaje inclusivo, que a su vez están reglamentados en el Decreto 2981 del año 2013 que regula y define los lineamientos para la prestación del servicio público de aseo, contemplados en el decreto 596 del año 2016 y la resolución 276 del año 2016 que reglamenta o define los lineamientos para la inclusión de los recicladores de oficio para aprovechamiento de los residuos sólidos, además permite el pago de la tarifa por el servicio público de aseo a los recicladores de oficio que está reglamentado en la resolución CRA 720 del año 2015⁴. Este marco normativo direcciona a la Universidad Tecnológica de Pereira y todas las instituciones incorporen el manejo de los residuos sólidos con enfoque de Economía Circular (EC) y reciclaje inclusivo.

1.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las universidades a nivel de Latinoamérica producen gran cantidad de residuos, muchos de ellos por sus características son difíciles de reciclar a diferencia de los provenientes de las áreas urbanas, esto hace que se presente un enorme volumen de residuos sólidos que no alcanzan a ser aprovechados por la naturaleza en poco tiempo, es por esto, al no existir mecanismos de reutilización la deterioran. El problema de los residuos sólidos, se agrava como consecuencia del acelerado crecimiento de la población estudiantil, así como desordenado desarrollo institucional para suplir las necesidades académicas, también hábitos de consumo exagerados, déficits de planificación y políticas ambientales para reducir el consumo (Pineda, 2011).

En el anterior párrafo, se habla de los residuos sólidos que se genera al interior campus, estos residuos no tiene la posibilidad de volver al origen (integrarse al sistema productivo), son desechados, contaminados o para algunos obsoletos, permitiendo cantidades significativas que no se puede reciclar. Este concepto se le dice obsolescencia planificada “nos referimos a una práctica comercial consistente en la planificación del fin de la vida útil de un producto o servicio, de tal forma que, tras un cierto periodo de tiempo determinado (calculado por el fabricante o por la empresa) quede obsoleto o inservible y, por lo tanto, debe ser sustituido” (Martínez, 2016, p.110). Otro factor importante es la creciente extracción de recursos de la tierra que permite fabricar mayor cantidad de aparatos, elementos que

³ La Estrategia Nacional de Economía circular se fundamenta en programas internacionales la Fundación Ellen MacArthur, de la Comunidad Europea, y países asiáticos como China, Japón y Corea, entre otros y los acuerdos de París.

⁴ Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico “RESOLUCIÓN CRA 720 DE 2015: Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones”

constantemente utiliza el ser humano; generando mayores residuos, que si no se tratan o reciclan puede provocar impactos negativos sobre el ambiente y la salud de los seres vivientes.

Este aspecto anterior, forman en la actualidad un efecto explosivo en lo que se refiere a la generación de residuos tecnológicos, ordinarios, peligrosos y contaminación ambiental. “A esta ecuación debemos sumarle otra obsolescencia que actúa de manera sinérgica con la primera y es la obsolescencia percibida⁵, aquella que lleva al consumidor a sentir la necesidad de cambiar algo que ha adquirido por algo más nuevo, antes de lo que realmente necesita. En un mundo donde lo que prima es la rentabilidad económica y el consumo masivo que puede proporcionar dicha rentabilidad, queda limitada la posibilidad de los gobiernos de generar y aplicar políticas serias destinadas a prevenir y/o minimizar el impacto ambiental y a concientizar a la población sobre la necesidad de transformarnos en consumidores responsables” (Martínez, 2016, p.105). Esto hace que estos modelos productivos tradicionales se basan en la economía lineal. Sin embargo hay modelos productivos alternativos para mejorar el bien tangible y posponer su vida útil, para ello se debe establecerse los siguientes aspectos propuestos por Samuel Pineda en el libro Manejo y disposición de residuos sólidos urbanos que son: 1.consideración del proceso de extracción, 2.producción y consumo como un todo con carácter planetario, en el que el residuo tenga la misma consideración que la materia prima y el producto fabricado, diseñando nuevos sistemas, en los que el proceso de reciclaje forme parte del proceso productivo de fabricación y consumo a través de la reparación y la reutilización.

Por otro lado, la Resolución 1362 del año 2007 establece los requisitos y procedimientos para los generadores de residuos sólidos, en el caso de la Universidad Tecnológica de Pereira es catalogada como gran generadora de residuos sólidos ante la autoridad ambiental, esto hace que debe tener un seguimiento constante a las diferentes dependencias generadoras de este tipo de residuos, fue necesario diseñar un instrumento de planificación (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos) para mitigar el impacto generado. Es por esto que la UTP formulara el Plan de Manejo Ambiental en el año 2009, propició la creación del Acuerdo N° 41 de 18 de noviembre de 2010, el cual adoptó la política ambiental de la universidad tecnológica de Pereira, con miras a lograr una sostenibilidad ambiental dentro del campus universitario. Uno de los compromisos establecidos en la Política Ambiental es dar un adecuado manejo a los residuos sólidos generados, es por esto la necesidad de mejorar los impactos ambientales en la generación de los residuos sólidos, aumentar su aprovechamiento y disminuir la cantidad que llega a los sitios de disposición final.

Continuando con el párrafo anterior, la institución adelanta procesos con el fin de dar solución a los problemas encontrados por la producción de residuos sólidos tanto peligrosos como no peligrosos, emitiéndose en el año 2015 la resolución N° 956 del 5 de marzo la cual tuvo como propósito adoptar el Plan de Gestión Integral de Residuos, el cual se formularon indicadores donde se evaluaba el cumplimiento del Plan y así los requerimientos ambientales. Es por esto, la importancia de evaluar y establecer si es el caso nuevo indicadores que ayuden a fortalecer la gestión integral de residuos dentro del campus universitario.

⁵ La obsolescencia percibida. La definió como “el deseo del consumidor de poseer una cosa un poco más nueva, un poco mejor y un poco antes de que sea necesario” (Leonard 2010).

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo general

- Proponer un sistema de indicadores de economía circular, asociado a la generación y manejo de residuos sólidos en el campus universitario (UTP).

1.8.2 Objetivos específicos

1.8.2.1 Objetivo específico 1

- Establecer los aspectos relacionados con la generación y el manejo de los residuos que conforman el flujo de los residuos ordinarios en la Universidad Tecnológica de Pereira

1.8.2.2 Objetivo específico 2

- Seleccionar marcos ordenadores que permita estructurar un sistema de indicadores de economía circular aplicado a la generación y manejo de residuos sólidos ordinarios

1.8.2.3 Objetivo específico 3

- Validar el sistema de indicadores de economía circular asociado a la generación y manejo de los residuos ordinarios propuesto.

2. METODOLOGÍA

Para poder concretar una metodología de economía circular en la UTP, se discutió cual sería los indicadores apropiados para el estudio, también se realizó unas asesorías complementarias para evaluar y realizar cálculos que pueda dar resultado. De esta manera, se seleccionaron 4 indicadores de una investigación en Latinoamérica, caso de estudio “Arreglos estructurales que promuevan la iniciativa de basura cero en ciudades intermedias en Colombia”. Donde se modificó y adapto estos indicadores al proyecto investigativo. Sin embargo, no se realizó un estudio en profundidad de las universidades que implementaran la economía circular en su política institucional, tampoco, no hay un consenso entre la universidad y el investigador suficiente, amplio acerca de qué indicadores deben utilizarse, mejorarse o desarrollarse para definir los avances en materia de mejora de la eficiencia de los recursos y gestión de los residuos, a fin de orientar mejor las decisiones políticas, las estrategias de inversión y las actividades de producción y consumo sostenibles (Morató et al, 2017).

2.1 Metodología Objetivo 1

2.1.1 Índice de Flujo de residuos sólidos (IFRS)

La metodología de IFRS permite medir los niveles de minimización, aprovechamiento y disposición final a partir de indicadores cuantitativos estructurados en función del flujo de materiales que componen los RS, con el fin de establecer el impacto ambiental potencial (positivo y negativo) derivado de la actual estructura de generación y manejo (Hernández, 2019).

Indicadores y subindicadores: Este índice se estructura a partir de indicadores cuantitativos se clasifican en tres (3) categorías de minimización, aprovechamiento y disposición final, que a su vez incorporan dos (2) subindicadores

- Sistema de indicadores de eficiencia ambiental asociado a la generación y manejo de RS
- Marcos ordenadores de indicadores e índices como herramienta para medir la eficiencia en la generación y manejo de los RS

Cálculo del índice de FRS

En donde:

- **IFRS:** Índice de FRS.
- **IMRS:** Indicador de minimización de RS.
- **IARS:** Indicador de aprovechamiento de RS.
- **IDFRS:** Indicador de disposición final de RS.
- **Fi:** Factor de ponderación del indicador i (IMRS, IARS e IDFRS).

Para el cálculo de los indicadores, se tuvo en cuenta la sumatoria de sus respectivos indicadores, de la siguiente manera:

- **Ii:** Indicador de interés (IMRS, IARS e IDFRS).
- **Si:** Subindicador.

2.1.2 Metodología Objetivo 2

2.1.2.1 Índice de emisiones (IE)

Este índice permite medir el impacto de las actividades humanas en clima global, expresado como emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI ó GreenHouse Gases - GHG) generado por un sistema (Hernández, 2019). La valoración del impacto ambiental se hará con los siguientes criterios:

- Categoría de impacto: Calentamiento global.
- Impacto ambiental: Huella de carbono.
- Indicador de impacto: Toneladas equivalentes de CO₂ (Ton.eq.CO₂)

La Huella de carbono se estimará con criterios de análisis de ciclo de vida, de la siguiente manera:

Unidad funcional: Manejar los residuos sólidos ordinarios (RS) generados por la universidad tecnológica de Pereira, a través de las actividades de recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final.

Flujo de referencia: fuentes de datos por el centro de gestión ambiental

Límites del sistema: Los límites del sistema están definidos por las siguientes etapas:

Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que constituyen el flujo de los RS (de la cuna a la puerta).

- Uso (consumo) de productos en el campus universitario
- Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final).
- Fin de vida de RS aprovechados.
- Fin de vida de RS no aprovechados.

No se tendrá en cuenta la etapa de distribución de los productos desde los sitios de fabricación hasta el campus universitario, porque es incierta la procedencia y las distancias de transporte de los empaques y bienes de consumo obsoletos que posteriormente se convertirán en residuos.

Índice de reducción de emisiones (Huella de Carbono):

Se calculó a partir de los siguientes subindicadores:

En donde:

- **IHC:** Índice de reducción de emisiones (Huella de Carbono - HC).
- **IRHCA:** Indicador de reducción de la HC por aprovechamiento de RS (Ton.eq.CO2/Año).
- **IRHCM:** Indicador de reducción de la HC por minimización (reducción) en la generación de RS (Ton.eq.CO2/Año).

En donde:

- **RMHCA:** Reducción máxima de la HC por aprovechamiento de RS (Ton. Eq. CO2/Año) (en un escenario hipotético de aprovechamiento total de RS).
- **RHCA:** Reducción de emisiones por aprovechamiento de RS (Ton. Eq. CO2/Año).
- **HCPAB:** Huella de Carbono potencial en el año base (Ton.eq.CO2/Año).
- **HCPAA:** Huella de Carbono potencial en el año anterior al año base (Ton.eq.CO2/Año).

Factores de emisión: Se tomará como referencia factores de emisión en las diferentes etapas del ciclo de vida de los RS, a partir de fuentes oficiales y académicas.

2.1.2.2 Índice de aspectos sociales y económicos (IASE)

El índice de aspectos socioeconómicos permite evaluar y medir las dinámicas asociadas a la inclusión y formalización de los recicladores de oficio desde aspectos institucionales y operativos, a través de un conjunto de indicadores estructurados en torno a las dimensiones normativa, organizativa y de mercado (Hernández, 2019). Se tomó como referencia la metodología de estudio de caso “Arreglos estructurales que promuevan la iniciativa de basura

cero en ciudades intermedias en Colombia, estudio de caso Pereira (Risaralda). De esta manera, se definieron dos Indicadores cuantitativos que permite medir lo siguiente:

La Empleabilidad: Se tomó de referencia la cantidad de residuos recolectados y su venta en el mercado (Tabla 3. Aprovechamiento de Residuos biodegradables y no biodegradables aprovechables con potencial de comercialización), este resultado arroja un valor aproximado de cuántos empleos puede generar en la institución (Tabla 2. Aprovechamiento de Residuos biodegradables y no biodegradables aprovechables).

Reciclaje: Se tomó los datos de “UTP RECICLA” y “COOPAZFU”

Fuentes de información: La información utilizada para el cálculo de estos indicadores se obtuvo a partir de las siguientes fuentes: Centro de Gestión Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira.

2.1.3 Metodología Objetivo 3

2.1.3.1 Metodología de Economía Circular asociados a la generación y manejo de RS de la Universidad Tecnológica de Pereira

La fundación Ellen MacArthur define el concepto de economía como reparadora y regenerativa, y pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general mantengan su utilidad y valor en todo momento. Este concepto consiste en un ciclo continuo de desarrollo positivo que conserva y mejora el capital natural, optimiza el uso de los recursos y minimiza los riesgos del sistema al gestionar una cantidad finita de existencias y unos flujos renovables (Hernández, 2019).

El índice de economía circular se soporta en los principios de Ellen MacArthur como Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural, Principio 2: Optimizar el uso de los recursos, Principio 3: Fomentar la eficacia del sistema. A pesar de la claridad conceptual del enfoque de la EC, es necesario fortalecer la capacidad para medir la circularidad asociada a las dinámicas de generación y manejo de residuos.

De esta manera, se debe prestar atención a los indicadores en desarrollo que, aunque puedan estar inicialmente definidos o estén siendo desarrollados por un grupo de expertos, no son de suficiente calidad o cobertura. En consecuencia, existe una dinámica permanente que da lugar a una revisión y actualización periódica de la situación relativa en la elaboración de indicadores apropiados.

A fin de mejorar aún más la validación del conjunto de indicadores, se recomienda que la mayoría de los datos utilizados para elaborar los indicadores provengan de fuentes oficiales.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados Objetivo 1

3.1.1 GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

Análisis de Flujo de Residuos Sólidos en la UTP

La Universidad Tecnológica de Pereira en el año 2017 generó 201 toneladas/año de residuos ordinarios, de los cuales 87 toneladas correspondieron a residuos biodegradables (Plan de Manejo Ambiental UTP, 2017); sobre este informe se tomó los datos para realizar el flujo de material RS del campus con tres categorías: Biodegradables, no biodegradables reciclados y no biodegradables no reciclados. Estos residuos fueron calculados por un programa de Microsoft Excel que consiste en una hoja de cálculo desarrollada por Microsoft para Windows, cuenta con cálculo, herramientas gráficas, tablas dinámicas y un lenguaje de programación macro llamado Visual Basic para aplicaciones.

El énfasis de flujo de material de residuos sólidos es conocer la cantidad de generación del campus, analizar cuál de las categorías mencionadas son relevantes y su relación con la economía, también determinar cuál residuo (categoría) impacta al medio ambiente. Sin embargo, hay limitantes en el conteo de los materiales por su complejidad y estricta seguridad en el contacto. Por tal razón, se apoyó de fuentes secundarias y estudios de grupos de investigación adscritos a la universidad.

Posterior al párrafo anterior se obtuvo los datos de los residuos sólidos biodegradables por medio de GIAS del año 2017, los residuos orgánico fueron de 86,65 Ton/año⁶.

Tabla 1. Resumen análisis de flujo de residuos sólidos

1. Residuos Ordinarios		
Tipo de residuo	Generación (kg/Año)	(Ton/año)
1.1 Biodegradables	86646,96	87
1.2 No biodegradables aprovechados	Aprovechamiento recolectado (kg/Año)	Aprovechamiento recolectado (Ton/Año)
1.2.2 Papel	17381,4	17
1.2.3 Plástico	6472,4	6
1.2.4 Vidrio	3059,4	3
1.2.5 Metales	12937,34	13

⁶ El informe de grupo de investigación de agua y saneamiento fue un estudio de 7 días en todas las cafeterías del campus, a excepción de la cafetería del bloque L que no está en funcionamiento, se proyectó por 52 semanas

	Generación (kg/Año)	(Ton/año)
1.2 No biodegradables no reciclados	75056,37	75
2. Residuos o desechos peligrosos (RESPEL)		
Tipo de residuo	Generación (kg/Año)	(Ton/año)
2. Riesgo biológico		
2.1 Esterilización	887,8	1
2.2 Incineración	60,7	0
2.1 Riesgo Químico		
2.3 Postconsumo	9112,1	9
2.4 Gestor especializados		
2.5 Incineración	210,5	0
2.6 Encapsulamiento	2144,5	2

Fuente: Elaboración propia, adaptado por Hernández, 2019

El flujo indica una alta ineficiencia en la actual estructura de aprovechamiento de RS en la Universidad Tecnológica de Pereira, a pesar de tener un potencial de aprovechamiento del 96,8% (98.015,3 Ton/año) solo se recupera el 11,4% (11.518,11 Ton/año). Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta cifra está marcada por la ausencia de aprovechamiento de RS orgánicos, que constituyen el 70.6% del flujo de los RS, y que son enviados en su totalidad a disposición final al relleno sanitario “La Glorita” según lo indica el informe de GIAS.

A Continuación, se muestra el aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradable y no biodegradables aprovechables con potencial de ser utilizados para proceso de producción de la industrial.

Tabla 2. Aprovechamiento de Residuos biodegradables y no biodegradables aprovechables

Tabla de Aprovechamiento de Residuos biodegradables y no biodegradables aprovechables UTP		
No biodegradables aprovechados	Cantidad recolectada	
	Kg/año	Ton/año
1.2.2 Papel	17,381.40	17
1.2.3 Plástico	6,472.40	6
1.2.4 Vidrio	3,059.40	3

1.2.5 Metales	12,937.34	13
1.2.6 Biodegradables	86,646.96	87
Total	126,497.50	126
Fuente: Plan de manejo ambiental UTP, 2017		

Si se analiza el aprovechamiento de los RS del campus universitario con potencial de comercialización como papeles, plásticos, vidrios y metales y los biodegradables, con respecto a los índices de generación de esta categoría únicamente, el flujo indica una estructura con un alto nivel de aprovechamiento, ya que los materiales recuperados y reincorporados vuelven a la industria, corresponden al 40 Ton/año.

Tabla 3. Aprovechamiento de Residuos biodegradables y no biodegradables aprovechables con potencial de comercialización

Tabla de Aprovechamiento de Residuos biodegradables y no biodegradables aprovechables con potencial de comercialización.			
No biodegradables aprovechados	Cantidad recolectada		Valor por Kg comercializado (pesos)
	Kg/año	Ton/año	
1.2.2 Papel	17,381.40	17	219
1.2.3 Plástico	6,472.40	6	340
1.2.4 Vidrio	3,059.40	3	80
1.2.5 Metales	12,937.34	13	3153
Biodegradables	86,646.96	87	Sin aprovechamiento
Posibles empleos con el aprovechamiento de los RS	5		

Fuente: Elaboración propia

Frente al aprovechamiento de cada material con respecto a la categoría de los RS con potencial de comercialización, el material más aprovechado en términos de cantidad son el papel con el 17.3814 Ton/Año, seguido por metales con 12.93734 Ton/Año, en tercer lugar, se encuentran los plásticos con 6.4724 Ton/Año y en cuarto lugar los vidrios con 3.0594 Ton/año. Llama la atención el alto índice de aprovechamiento de metales, ya que es el material con más alto precio en el mercado y comercialización.

El índice de reciclaje de cada residuo con respecto a su propio potencial de aprovechamiento, indica que el material más aprovechado en porcentajes son papeles con el 23% del total

generado, seguido por Metales con el 17%, los plásticos con el 8% y en cuarto lugar los vidrios con el 4%.

3.1.2 Resultados Objetivo 2

3.1.2.1 SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR APLICADO A LA GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.

Para proponer un sistema de indicadores para el campus universitario, se seleccionaron tres indicadores y un indicador de E.C a criterio del concepto de Economía circular y se tomó de referencia la Tesis Doctoral “Arreglos estructurales que promuevan la iniciativa de basura cero en ciudades intermedias en Colombia, estudio de caso Pereira (Risaralda)” por Hernández, 2019. La metodología aplicada a la investigación se basó en la propuesta de basura cero de Hernández y fue adaptada para este trabajo de grado. En primer lugar, se describe los sistemas de indicadores y los criterios para evaluar la generación y manejo de los residuos de la Universidad Tecnológica de Pereira, como segundo lugar, se estructuraron los siguientes indicadores: 1- indicador de flujo de residuos sólidos, 2- indicador de huella de carbono y, por último, indicador de aspectos socioeconómicos. También, el indicador E.C que agrupa los indicadores anteriores, permitiendo integral y determinar la eficiencia en el manejo y generación de los residuos sólidos del campus. A continuación, se explica la metodología con su respectivo indicador:

Índice de Flujo de Residuos Sólidos (FRS)

El índice de flujo de residuos sólidos en el campus universitario arroja una calificación de 29,2 puntos de acuerdo a las calificaciones indicadas. Tabla 3. índice de flujo de residuos sólidos

Tabla 3. Índice de Flujo de Residuos Sólidos

No.	INDICES / INDICADORES		Puntaje sin ponderar	Factor de ponderación (%)	Puntaje final
1	Indicador de Flujo de RS (IFRS)				29,2
1.2	Subindicadores de aprovechamiento de RS			33,33%	35,9
1.2.1	A	Subindicador de aprovechamiento local	100,0	16,67%	16,7
		Cantidad de RS aprovechados (Ton/Año)	0		
		Cantidad de RS aprovechados localmente (Ton/Año)	39.85		
1.2.2	B	Subindicador de aprovechamiento de RS (orgánicos)	-	16,67%	-
		Cantidad de RS (orgánicos) generados (Ton/Año)	86.65		
		Cantidad de RS (orgánicos) aprovechados (Ton/Año)	0		
1.2.3	C	Subindicador de aprovechamiento de RS (inorgánicos) (papeles, plásticos, vidrios y metales)	43,4	16,67%	7,2
		Cantidad de RS (inorgánicos aprovechables) generados (Ton/Año)	0		

		Cantidad de RS (inorgánicos aprovechados) aprovechados (Ton/Año)	39.85		
1.2.4	D	Subindicador de reducción (sustitución) de material virgen por aprovechamiento de RS	15,5	16,67%	2,6
		Sustitución potencial de material virgen por aprovechamiento de RS (Ton/Año)	0		
		Sustitución de material virgen por aprovechamiento de RS (Ton/Año)	0		
1.3	E	Subindicadores de disposición final de RS		33,33%	51,8
1.3.1	F	Subindicador de disposición final de RS	3,6	50,00%	1,8
		Cantidad de RS manejados en sitios de disposición final (Ton/Año)	75.05		
		Cantidad de RS que deberían ir al relleno sanitario (Ton/Año)	35.2		

Fuente: Adaptado a Hernández, 2019

La etapa del flujo de los RS que obtuvo mayor puntaje es la disposición final (51,8 puntos); seguida por el aprovechamiento local (16,7 puntos) y en último lugar aprovechamiento de los residuos orgánicos con cero puntos. Este resultado permite observar una estructura de generación y manejo ineficiente ubicada en el rango medio bajo, con una priorización invertida de los principios de la Economía Circular, ya que la etapa que cuenta con mejor manejo es la disposición final y la más deficiente es aprovechamiento de los residuos orgánicos.

El indicador de aprovechamiento orgánico, como elemento fundamental del enfoque de la economía circular a través del principio de los residuos son “comida” para la prevención de residuos (Ellen MacArthur Foundation, 2013), muestra la ausencia de este principio en el campus universitario. Esta circunstancia hace pensar en la necesidad de desarrollar procesos que dinamicen la articulación de los sectores institucionales y productivos con los generadores de RS, a través de políticas y estrategias de envases y empaques, logística inversa, reutilización y reparación de bienes de consumo, entre otras.

El indicador de aprovechamiento ubicado en el rango medio bajo con 7,1 puntos, tiene como aspecto más importante el aprovechamiento de RS (papeles, plásticos, vidrios y metales) que alcanza una valoración de 43,4 resaltando la laboral de los dos programas de la UTP (UTP Recicla y Don Fernando) cuenta con un esquema formal de aprovechamiento que incorpore acciones como la separación en la fuente y la recolección selectiva de materiales, haciendo que el reciclaje de materiales sea realizado de manera eficiente. Como aspecto negativo se resalta la ausencia total de aprovechamiento de RSO (orgánicos de rápida degradación) ya que esta corriente representa los aspectos de interés e impactos ambientales potenciales más importantes dentro del flujo de los RS del campus universitario.

Indicador de Emisiones

El cálculo del índice de reducción de emisiones (HC) arrojó un valor de 15,9 puntos que lo ubica en el rango bajo.

Tabla 4. Índice de reducción de emisiones (Huella de Carbono – HC) asociada a la generación y manejo de RS en la Universidad Tecnológica de Pereira, según subindicadores y rangos entre 0 y 100, siendo 100 el mejor puntaje.

2		Indicador de emisiones (Huella de Carbono - IHC)	15,9		
2.1	G	Subindicador de reducción de la HC por aprovechamiento de RS (RHCA)	39,9	40,00%	15,9
		Reducción máxima posible de emisiones por aprovechamiento de RS (Ton. Eq. CO2/Año) (en un escenario hipotético de aprovechamiento total de RS)	87.8		
		Reducción de emisiones por aprovechamiento de RS en el año base (Ton. Eq. CO2/Año)	16.9		
2.1.2	H	Subindicador de reducción de HC por disposición final de RS (RHCDF)	99	40,00%	40
		HC óptima de la actividad de disposición final, en un escenario ideal de aprovechamiento del 100% (de acuerdo a condiciones propias del Campus) (Ton. Eq. CO2/Año)	521.2		
		HC de la actividad de disposición final en el en el año base (Ton. Eq. CO2/Año)	521.2		

Fuente: Adaptado a Hernández, 2019

Este resultado se debe principalmente a la ausencia de aprovechamiento de RSO (orgánicos de rápida degradación), que representan el 44% de la HC total, representada en 1,4 Ton eq.CO2/Año (0.12%) y 3.6 Ton Eq.CO2/Año (0.31%) en la fase de disposición final (Tabla 5. Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas).

La huella de carbono (HC) de una tonelada de RS bajo la actual estructura de manejo en la universidad tecnológica de Pereira es de 27.60 Ton.eq.CO2, que representan un impacto ambiental de 1,147.5 Ton.eq.CO2 anuales. El mayor impacto (409.4 Ton.eq.CO2/Año – 35.68%) corresponde a la etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que dieron origen a dichos residuos. En segundo lugar, se encuentra la etapa de fin de vida de los residuos no aprovechados, es decir la disposición final en el relleno sanitario” La Glorita”, con 755 Ton.eq.CO2/Año (65.80%). El aprovechamiento de materiales presentes en el flujo de los RS representa una reducción en la HC de 16.9 Ton Eq.CO2/Año (1.48% de la huella total) (Tabla 5. Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas).

Tabla 5. Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas	HC (Ton. eq. CO2/Año)	%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Sin aprovechamiento)	409.4	35.68%
- GEI Producción alimentos	1.4	0.12%
- GEI Producción papel	307.3	26.78%
- GEI Producción plástico	17.6	1.53%

- GEI Producción vidrio	5.4	0.47%
- GEI Producción metales	77.8	6.78%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Con aprovechamiento)	392.5	34.20%
Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
- Emisiones de CO2 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de CH4 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de N2O vehículos recolectores	-	0.00%
Fin de vida RS aprovechados	- 16.9	-1.48%
- Emisiones de GEI por reciclaje de biodegradables	-	0.00%
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	- 12.8	-1.12%
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	- 1.0	-0.08%
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	- 0.1	-0.01%
- Reducción GEI por reciclaje de metales	- 3.1	-0.27%
Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0.00%
- Emisiones por incineración de papeles	-	0.00%
- Emisiones por incineración de plásticos	-	0.00%
- Emisiones por incineración de madera	-	0.00%
- Emisiones por incineración de textil	-	0.00%
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	0.00%
Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	755.0	65.80%
- Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	3.6	0.31%
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	738.4	64.35%
- Emisiones de CO2 asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	0.0	0.00%
- Emisiones de CH4 asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- Emisiones de N2O asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	13.1	1.14%
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO2/Año)	1,147.5	100%
REDUCCIÓN DE LA HC POR APROVECHAMIENTO (Ton. Eq. CO2/Año)	- 16.9	-1.5%

Fuente: Elaboración propia adaptado Hernández, 2019

Dentro de los materiales que hacen parte del flujo de los RS, el papel y los alimentos constituyen el mayor impacto ambiental. En la etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta), la fabricación de papel tiene asociada una generación de 307.3 Ton.eq.CO2/Año que equivalen al 26.78% del total de la HC, y la producción de alimentos tiene asociada una generación de 1.4 Ton.eq.CO2/Año que equivalen al 0.12% del total de las emisiones. En la fase de disposición final el mayor impacto está asociado a las emisiones de CH4 en el biogás por descomposición

de residuos biodegradables con 3.6 Ton.eq.CO2/Año y por tratamiento de lixiviados con 738.4 Ton.eq.CO2/Año, que equivalen al 64.35% y 0.31% del total de la HC respectivamente.

Las acciones más relevantes para reducir el impacto ambiental derivado del actual manejo de RS son la de reducir la generación de RSO (Residuos sólidos orgánicos) y el aprovechamiento de residuos biodegradables. Lo anterior se sustenta en el hecho de que ante un escenario hipotético del reciclaje del 80% de los materiales aprovechables (biodegradables, papeles, plásticos, vidrios y metales), la HC se reduciría de 27.60 a 11.81 Ton.eq.CO2/Ton, ratificando la importancia del principio de la Economía Circular de “diseñar para la prevención de residuos” (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Indicador de Aspectos Socioeconómicos

Al igual que los demás índices se estructuró con el fin de incorporar variables que contribuyan a medir la eficiencia de la actual estructura de generación y manejo de residuos sólidos del campus universitario, desde dinámicas institucionales y socioeconómicas.

Tabla 5. Indicador de aspectos socioeconómicos

3		Indicador de Aspectos Socioeconómicos (IASE)	16,3		
3.1	I	Subindicador recicladores de oficio en la utp	14,1	14,29%	2,0
		Número de recicladores de oficio que se podrían beneficiar del reciclaje al interior de la UTP, asumiendo un Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV)	1		
		Número de recicladores de oficio beneficiados con el reciclaje al interior de la UTP	1		

El resultado de este índice arroja un valor de 16,3 puntos que lo ubica en un rango bajo (Tabla 5. indicador de aspectos socioeconómicos), que al igual que en los anteriores índices evidencian una estructura ineficiente. El índice de aspectos socioeconómicos muestra una baja capacidad institucional, tanto para hacer efectivas las medidas que conduzcan a la reducción de impactos ambientales asociados a la generación y manejo de RS, como la articulación e inclusión de los actores principales representados en las instituciones públicas, los generadores de residuos, los recicladores de oficio y las empresas prestadoras del servicio público de aseo.

Tabla 6. Comercialización y Empleabilidad

1.2.2 Papel	17,381.40	17	219	\$3,814,243.94	Total
1.2.3 Plástico	6,472.40	6	340	\$2,200,616.00	Total
1.2.4 Vidrio	3,059.40	3	80	\$244,752.00	Total
1.2.5 Metales	12,937.34	13	3153	\$40,791,433.02	Total
Posibles empleos con el aprovechamiento de los RS	5			\$47,051,044.96	Total final

Empleabilidad: Este índice se tomó de referencia la cantidad de residuos ordinarios (no biodegradables aprovechables) recolectados y su venta en el mercado (ver tabla.6 comercialización y empleabilidad), este resultado no da un valor exacto de cuántos empleos puede generar la institución.

Reciclaje institucional: La universidad tecnológica de Pereira tiene el programa institucional “UTP Recicla el mayor aporte es tu conciencia” que pretende ir más allá en la separación en la fuente, es un proceso constante donde la comunidad universitaria disminuye el impacto ambiental negativo al interior del campus, aportando conciencia ambiental en el consumo de los bienes tangibles que utilizamos constantemente. También, la UTP tiene un proyecto de Responsabilidad Social con la Cooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU), la cual realiza el aprovechamiento de los residuos sólidos que no son separados en la fuente, lo que ha permitido que se pueda hacer mayor aprovechamiento de residuos reciclables generados en la universidad.

El reciclaje inclusivo: Entendido como aquellos sistemas de gestión de residuos que priorizan la recuperación y el reciclaje, reconociendo y formalizando el papel de los recicladores como actores clave de dichos sistemas (The Economist Intelligence Unit, 2017)”, surge como respuesta a uno de los rasgos más importantes en los sistemas de manejo de RS en Colombia y América Latina, que es el aprovechamiento de materiales con valor comercial por parte de comunidades de recicladores de oficio⁷, conformadas por personas de escasos recursos dedicadas a la recuperación, clasificación y venta de papeles, plásticos, vidrios y metales principalmente.

Índice de Economía Circular asociados a la generación y manejo de RS de la Universidad Tecnológica de Pereira

Como se ha expresado a lo largo del presente documento, es necesario consolidar un sistema de indicadores específicos de economía circular, teniendo en cuenta que se trata de un enfoque emergente en pleno desarrollo cuya aplicación práctica requiere determinados consensos entre los ámbitos científico y técnicos, los sectores involucrados y los responsables de la toma de decisiones. De acuerdo con la Comisión Europea (2014), si bien se están consiguiendo avances importantes para integrar los sistemas de contabilidad medioambiental, económica y social, no hay un consenso suficientemente amplio acerca de qué indicadores deben utilizarse, mejorarse o desarrollarse para definir los avances en materia de mejora de la eficiencia de los recursos y gestión de los residuos, a fin de orientar mejor las decisiones políticas, las estrategias de inversión y las actividades de producción y consumo sostenibles. Este es el motivo por el cual la Comisión Europea (2014) propone trabajar con todos los interesados clave para desarrollar esos indicadores y objetivos potenciales.

⁷ Se entiende por reciclador de oficio la persona natural que alista o recupera los residuos para su aprovechamiento. Acuerdo 287 de 2007 Concejo de Bogotá D.C.

Tabla 6. Índice agregativo de economía circular

Índice	Calificación	Factor de ponderación (%)	Índice agregativo de EC
Índice de flujo de RS de la UTP	29,2	20%	24,6
Índice de emisiones totales (Huella de Carbono - HC)	15,9	20%	
Índice de aspectos socioeconómicos (AS)	16,3	20%	

Teniendo en cuenta que el presente trabajo se enfoca en la búsqueda de alternativas que minimicen los impactos ambientales asociados a la generación y manejo de los RS de la universidad tecnológica de Pereira, la revisión anterior permite identificar los índices de Análisis de Flujo de Materiales (AFM) que en adelante será denominado como índice de Flujo de RS (FRS), la Huella de Carbono (HC) como posibles índices de referencia. Sin embargo, éstos no incorporan la dimensión socioeconómica, que para las ciudades de Colombia y América Latina son fundamentales dada la existencia del “reciclaje informal” que se refiere a la recolección, clasificación, limpieza, transporte y/o transformación de materiales reciclables en el flujo de residuos sólidos por fuera del sistema formal y que es realizado por personas que generalmente pertenecen a los sectores más pobres y vulnerables de la sociedad (The Economist Intelligence Unit, 2017).

Finalmente, y a partir de los anteriores indicadores, se consolida el indicador agregativo de Economía Circular (EC) asociado a la generación y manejo de los residuos sólidos, teniendo en cuenta su claridad conceptual y la posibilidad de integrar las variables relacionadas con sus principios. Un sistema de indicadores permite evaluar el cumplimiento de los principios de la EC entorno a la generación y manejo de RS, constituye un aporte importante dado que se trata de un nuevo modelo económico cuyas herramientas y criterios de medición aún están en construcción (Haas et al., 2015), y que permite medir la eficiencia de estructuras locales de generación y manejo de RS a partir de una línea base, además de comparar dinámicas de poblaciones en diferentes partes del mundo. Se puede afirmar entonces que este sistema de indicadores se ubica en la categoría de indicadores sistémicos.

Con el fin de clasificar y contar con un criterio de comparación y análisis, los resultados del sistema de indicadores propuesto se clasifican en los siguientes rangos, entendiendo cero (0) puntos como la condición menos óptima y cien (100) puntos como la condición ideal o deseable:

Bajo:	> 0 hasta 25 Puntos	
Medio Bajo:	> 25 hasta 50 Puntos	
Medio Alto:	> 50 hasta 75 Puntos	
Alto:	> 75 hasta 100 Puntos	

El índice agregativo de economía circular a partir de índice de flujo de RS de la UTP, el índice de emisiones y por último, el índice de aspectos socioeconómicos permite un análisis circularidad que tanto se aproxima la universidad tecnológica de Pereira a los principios de E.C definidos en la política nacional y estrategia nacional de economía circular, permite determinar una escala de 1 a 100 que tan circular es el manejo de los RS al interior de la universidad y arrojando un valor de 24,6 que lo ubica en un rango bajo, esto quiere decir que la universidad tecnológica en la circularidad frente al manejo de los residuos sólidos es de 24,6 constituyendo la línea base que permite tomarse como referencia para definir la metas frente el futuro el manejo de los residuos sólidos y este rango bajo puede estar asociado al no aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradables, constituyen uno de los flujos más importantes en el campus.

3.2 Resultados Objetivo 3

VALIDAR EL SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR ASOCIADO A LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS

Para validar el sistema de indicadores propuesto, se tomó varios aspectos de la investigación de Hernández y se aplicó el modelo matemático propuesto por él, esto significó medir el impacto ambiental, económico y social en los objetivos específicos del proyecto de grado, este modelo fue diseñado y ejecutado por un programa llamado Excel de la compañía Microsoft, se tomó en cuenta los dos objetivos descritos al comienzo del trabajo y al mismo tiempo se aplicó la metodología de flujo de los RS, consiste en medir la eficiencia del sistema, y estimar la cantidad de material aprovechado y la cantidad de material dispuesto en el relleno sanitario, tomando como unidad de medida las toneladas anuales (Ton/Año) asociadas a cada flujo de material, en función de las posibles alternativas y etapas de manejo:

- **Generación:** Se calculó el número de estudiantes de la universidad del año 2017, tasa de crecimiento poblacional, producción per cápita (PPC) e incremento de la PPC. La generación de RS está constituida por la sumatoria de tres flujos; RS orgánicos, RS inorgánicos aprovechables y RS no aprovechables.
- **Recolección y transporte:** Corresponde a los flujos de cada material hasta los posibles sitios del fin de vida de los RS, dependiendo de la alternativa seleccionada (tratamiento de orgánicos, aprovechamiento, incineración y disposición final).
- **Aprovechamiento:** Incluye RS orgánicos de rápida degradación y RS inorgánicos aprovechables.
- **Incineración:** Para este flujo se asumieron dos condiciones; en primer lugar, se asumió que es una alternativa complementaria al relleno sanitario puesto que no todos los RS son incinerables (vidrios, metales y otros inertes), y en segundo lugar se excluye del flujo de residuos a incinerar los papeles y plásticos aprovechados, ya que en Colombia se estableció el aprovechamiento por parte de los recicladores de oficio, como la prioridad para el manejo de estos residuos en el Decreto 596 del 2016.
- **Disposición final en relleno sanitario:** Corresponde al flujo de materiales que quedará

después del aprovechamiento y la incineración.

De esta manera las variables del impacto ambiental asociado a la generación y manejo de RS Permiten medir el impacto ambiental en cada etapa de manejo y de cada alternativa (ver anexo). Los factores de emisión y equivalencia fueron tomados de la “Guía Técnica Orientada al Cálculo y Gestión de la Huella Asociada al Manejo y Disposición de Residuos” (Fundación Natura, 2016)

El impacto ambiental se tomó como referencia el enfoque e análisis de ciclo de vida, por lo que el modelo permite medir el impacto en las etapas de obtención de materias y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta), recolección y transporte de RS hasta su fin de vida, aprovechamiento (orgánicos e inorgánicos), incineración y disposición final (ver anexo). Para esta variable se tomó como unidad de medida las toneladas equivalentes de CO₂ emitidas (Ton.Eq.CO₂/Año).

Sustitución de materia virgen por aprovechamiento. Se tomó como unidad de medida la cantidad de materia virgen evitadas por aprovechamiento (Ton/Año), a partir de la metodología propuesta por Zaman y Lehmann (2013).

Reducción del consumo de energía por aprovechamiento. Se tomó como unidad de medida la energía evitada por aprovechamiento (GJHV/Año), a partir de la metodología propuesta por Zaman y Lehmann (2013).

Reducción del consumo de agua por aprovechamiento: Se tomó como unidad de medida las toneladas de materia virgen evitadas por aprovechamiento (Ton/Año), a partir de la metodología propuesta por Zaman y Lehmann (2013).

Variables de aspectos sociales, económicos e institucionales asociados a la generación y manejo de RS: Permiten medir el impacto social y económico sobre la comunidad de recicladores de oficio y los generadores del sector residencial donde está ubicada el campus universitario.

Generadores: Se tomó como unidad de referencia el número de matriculados del campus universitario.

Separación en la fuente en un esquema formal: Se tomó como referencia la existencia o no de esta condición en el marco de un sistema formal. Es decir, si existe o no una práctica sistemática de separación en la fuente como consecuencia de la reglamentación y direccionamiento institucional, en este caso “sí”.

Inclusión formal de los recicladores de oficio: Corresponde al número de recicladores de oficio formalizados en este caso la asociación Cooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU), según lineamientos legales (Decreto 596/2016 y Resolución 276/2016) (No. De recicladores).

4. Factores de referencia para el análisis de escenarios frente a la dinámica de generación y manejo de Residuos Sólidos (RS) en el campus (UTP)

Para realizar el modelo de índice de huella de carbono para la universidad tecnológica de Pereira se tomó como datos de referencia la generación de residuos del año 2017, población estudiantil, PPC, composición de residuos sólidos, tasa de crecimiento poblacional, valor SMMLV, valor de materiales reciclables, aprovechamiento de residuos sólidos de la UTP, Índice de aprovechamiento de RS durante el año base (2017), Desperdicio en bodegas de reciclaje, Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final, Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de tratamiento de SUOR biodegradables (RS) con fines de aprovechamiento, Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de incineración de RS, Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de disposición final de RS, Empleos formales asociados al manejo de los RS, Número de suscriptores del sector residencial (ubicada la UTP), Factores relacionados con la tarifa. Así mismo, se evaluaron cuatro escenarios mediante cálculo de la huella de carbono como indicador de impacto ambiental (ver Anexo 3):

5. Escenarios hipotéticos de la generación de residuos sólidos de la UTP

Una vez definido los indicadores de economía circular en el manejo de los residuos sólidos, se procedió a la valoración ambiental de escenarios hipotéticos que ayuden a realizar acciones para reducir el impacto ambiental derivado del actual manejo de residuos sólidos, para ello se realizó un escenario base actual con el fin de compararlo con los demás escenarios planteados así: escenarios sin aprovechamiento, escenario aprovechamiento del 100% y escenario aprovechamiento factible (80%). A continuación, se describe los escenarios hipotéticos:

Índice Huella de Carbono Escenario de Aprovechamiento actual

El primer escenario actual es la base para comparar la situación actual frente a otros escenarios alternativos planteados. La Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada es de 27,61 (Ton.eq.CO₂/Ton RS), la reducción de la huella de carbono por aprovechamiento es de 16,9 Ton.eq.CO₂/Ton RS que equivale a 1.5% (ver anexo 4).

Índice Huella de Carbono Escenario sin Aprovechamiento

El escenario sin aprovechamiento se considera que todos los residuos generados no tienen ningún tratamiento al interior del campus. Así mismo, comparando con el escenario actual el aumento no es tan significativo fue de 0,47 Ton.eq.CO₂/Ton RS. La Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO₂/Ton RS) es de 28,08. La reducción de huella de carbono por aprovechamiento es de 0 % y huella de carbono generada es de 1.1167,4 Ton.eq.CO₂/Ton RS al interior del campus (ver anexo 4).

Índice Huella de Carbono Escenario de Aprovechamiento 100%

El escenario de aprovechamiento del 100% se considera que todos los residuos sólidos No biodegradables aprovechados (Papel, Plástico, Vidrio, Metales) y biodegradables son tratados al 100% al interior del campus universitario. De esta manera, se sustenta el hecho de que ante un escenario hipotético del reciclaje del 100% de los materiales aprovechables, la HC se

reduciría de 87,5 Ton.eq.CO2/Ton que equivale al 27.2% (ver anexo 4).

La Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO2/Ton RS) es de 7,74, con una reducción del escenario actual de 19,87 (Ton.eq.CO2/Ton RS). Por su parte la reducción en la generación de residuos representaría el principio de la Economía Circular de “diseñar para la prevención de residuos” (Ellen MacArthur Foundation, 2013) (ver anexo 4).

Índice Huella de Carbono Escenario de Aprovechamiento factible (80%)

El escenario de aprovechamiento factible se considera un supuesto ideal con un 80% de eficiencia en los RS Papeles, Plásticos, Vidrios, Metales. Arrojando la Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO2/Ton RS) es de 11.81, la reducción de la huella de carbono por aprovechamiento 70 ton. eq. co2/año con un porcentaje de 14.3% del 100% de la huella de carbono (ver anexo 4).

6. Valoración del escenario actual y escenario de aprovechamiento 100%

El impacto ambiental del escenario 4 (con aprovechamiento del 100%) tiene asociada una huella de carbono de 321.9 Ton.Eq.CO2 anuales, que equivalen a una generación de 7,74 Ton.eq.CO2 por cada tonelada de residuo manejado, y representa una reducción del 27.2% con respecto a la HC del escenario 1 (escenario de manejo actual). A continuación, se realiza el análisis del impacto asociado al manejo de RS, comparando datos como el aprovechamiento de Residuos Sólidos aprovechables y Residuos Sólidos orgánicos, la incineración de residuos y la quema del biogás en el relleno sanitario.

7. HC del aprovechamiento de Residuos Sólidos (papeles, plásticos, vidrios y metales)

El aprovechamiento del 100% de estos materiales significa una reducción de la HC de 88.2 Ton.Eq.CO2 anuales, según como se indica en la Tabla.1 Reducción de la generación de GEI asociada al aprovechamiento del 100% de RS (papeles, plásticos, vidrios y metales).

Tabla.1 Reducción de la generación de GEI asociada al aprovechamiento del 100% de RS (papeles, plásticos, vidrios y metales).

MATERIAL APROVECHADO	Ton.Eq.CO2	%
Reducción GEI por reciclaje de biod.	- 0.3	0.4%
Reducción GEI por reciclaje de papeles	- 55.7	63.1%
Reducción GEI por reciclaje de plásticos	- 12.2	13.8%
Reducción GEI por reciclaje de vidrios	- 1.9	2.2%
Reducción GEI por reciclaje de metales	- 18.1	20.5%
Total reducción GEI por reciclaje	- 88.2	100%

Tabla.2 Reducción de la generación de GEI asociada al escenario actual de RS (papeles, plásticos, vidrios y metales).

MATERIAL APROVECHADO	Ton.Eq.CO2	%
Reducción GEI por reciclaje de biod.	-	0,0%
Reducción GEI por reciclaje de papeles	- 12,8	75,6%
Reducción GEI por reciclaje de plásticos	- 1,0	5,7%
Reducción GEI por reciclaje de vidrios	- 0,1	0,4%
Reducción GEI por reciclaje de metales	- 3,1	18,2%
Total reducción GEI por reciclaje	- 16,9	100%

El escenario actual de estos materiales significa una reducción de la HC de 16.2 Ton.Eq.CO2 anuales, según como se indica en la Tabla.2 Reducción de la generación de GEI asociada al escenario actual de RS (papeles, plásticos, vidrios y metales).

7.1 HC de la disposición final en relleno sanitario

La generación de GEI en el sitio de disposición final (relleno sanitario), está asociado a los siguientes aspectos:

- Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de RS (biodegradables).
- Emisiones de CH4 por tratamiento de lixiviados en el sitio de disposición final.
- Emisiones de GEI por operación de maquinaria. Se tuvo en cuenta la generación de CO2, CH4 y N2O, transformándose en valores equivalentes de CO2.
- Emisiones de GEI asociadas al consumo eléctrico en las oficinas, planta de tratamiento de lixiviados y estación de lavado, en el sitio de disposición final.

A continuación, se indican los criterios de cálculo de para determinar la generación de GEI (Tabla.3 Aspectos tenidos en cuenta para el cálculo de la generación de GEI para la disposición final en relleno sanitario, bajo un escenario actual de los RS (biodegradables).

Tabla 3. Aspectos tenidos en cuenta para el cálculo de la generación de GEI para la disposición final en relleno sanitario, bajo un escenario actual de los RS (biodegradables).

ASPECTO		CANTIDAD	
Residuos a disponer(Ton/año)	Biodegradables	1.7	Ton/Año
	Papeles	13.4	Ton/Año
	Plásticos	6.0	Ton/Año
	Vidrios	2.9	Ton/Año
	Metales	10.7	Ton/Año
	Otros	-	Ton/Año
Combustible maquinaria (Diésel B-10)		0.1	Gal/Año
Energía eléctrica		66,504.0	kWh/Año o
Lixiviado a tratar		1,048.1	m3/Año

Fuente: Hernández, 2019

8. CONCLUSIONES

El manejo adecuado de los residuos sólidos generados en el campus universitario demanda la participación activa y comprometida de la comunidad universitaria. La educación ambiental⁸ se convierte en una estrategia fundamental para fomentar la separación en la fuente, mejorar el aprovechamiento y disminuir la cantidad de residuos que generamos. Como se ha podido apreciar a lo largo de este estudio, las actividades académicas diarias tienen repercusión ambiental, aunque con un correcto y moderado uso de los recursos que se dispone es posible paliar el impacto ambiental. De este modo, la universidad tecnológica de Pereira intensifica sus acciones para mitigar la contaminación de los residuos por medio de programas como “UTP Recicla” y “Recicloton” (Postconsumo). Sin embargo, no es solo de la institución que recae la responsabilidad del manejo de los RS, sino también de la comunidad universitaria de disponer adecuadamente los materiales aprovechables que utilizan diariamente al interior del campus.

Por lo tanto, la Universidad Tecnológica Pereira aporta a la Huella de Carbono es de 1,147.5 Ton. Eq. CO₂/Año con una reducción por aprovechamiento de 16.9 Ton. Eq. CO₂/Año que equivale a 1.5% del 100% de la huella de carbono. Se estima un incremento en los siguientes años por la demanda de estudiantes que ingresan a la institución, sin contar con personal flotante que ingresan al campus por actividades diferentes, es por esto que los escenarios hipotéticos, indicadores y demás herramientas. De igual forma, la información suministrada por los indicadores es la base en la toma de decisiones en el manejo y disposición de los residuos sólidos de la UTP.

Por otra parte, la EC es un paradigma que responde al cambio de pensamiento científico, empresarial y político, que se ha visto enfrentado a la necesidad de desarrollar estrategias que permitan hacer posible la sostenibilidad ambiental, sin dejar de lado los retos sociales y

⁸ la universidad hace esfuerzo por medio de utp recicla y otros programas para fortalecer la educación dentro y fuera del campus universitario.

económicos del mundo actual. Así mismo, es necesario agregar que la EC y el concepto de desarrollo sostenible probablemente seguirán evolucionando, así como lo hace el pensamiento humano.

En este orden de ideas, la economía circular como se mencionó en los anteriores párrafos, busca concretar cuáles son los campos de acción y como la universidad tecnológica de Pereira se beneficia de la circularidad de los materiales generados al interior del campus; esta circularidad de los materiales se puede obtener de dos maneras: como un recurso biológico que puede ser devuelto a la biosfera o como un recurso técnico que puede ser reincorporado a un proceso industrial. Hasta la fecha no existe dentro de la institución un conjunto de indicadores que agrupe los principios de economía circular. No obstante, la implementación de la EC implica que las instituciones superen barreras externas e internas. Entre las barreras externas se encuentran la falta de regulación política y los incentivos económicos, mientras que entre las barreras internas están la falta de capacidades técnicas, los recursos financieros propios y el interés empresarial en temas ambientales.

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS

Barrientos Llosa, Z., Madrigal, H. J., & Moreno Díaz, M. L. (2009). Gestión ambiental en universidades públicas costarricenses: el ejemplo de “UNA-Campus sostenible”. *Revista Posgrado y Sociedad*, 9(2), 81-124.

Brennan, A., Meier, P., Purshouse, R., Rafia, R., Meng, Y., Hill- Macmanus, D., ... & Holmes, J. (2015). The Sheffield alcohol policy model—a mathematical description. *Health economics*, 24(10), 1368-1388.

Brunner, P. H., Morf, L. S., & Rechberger, H. (2004). Thermal waste treatment-A necessary element for sustainable waste management. na.

CONPES, C. N. de P. E. y S. (2018). CONPES 3874-Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos. Departamento Nacional de Planeación, 73. Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>

Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741–2751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>

Fernández Rey, L. (2014). La obsolescencia programada: sus consecuencias en el ambiente y la importancia del consumo responsable

Garcia, A., & Agudelo, Y. (2013). Gestión ambiental universitaria.

Ghisellini, Patrizia & Cialani, Catia & Ulgiati, Sergio. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal*

of Cleaner Production. 114. 11-32. 10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

Gobierno de Colombia. (2018). Estrategia Nacional de Economía Circular Nuevos modelos de. 53.

Hernández, D. 2019. Arreglos estructurales que promuevan la iniciativa de basura cero en ciudades intermedias en Colombia, estudio de caso Pereira (Risaralda).

Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. (2006). Gestión y Ambiente, 9(2), 27–41. <https://doi.org/10.15446/ga.v9n2.52056>

LEONARD, A. 2010. La historia de las cosas. Fondo de Cultura Económica, Argentina. 385pp.

Macarthur, E. (2013). Towards the Circular Economy Vol. 1. Journal of Industrial Ecology, 1(1), 4–8. <https://doi.org/10.1162/108819806775545321>

MARTÍNEZ, A. N., & PORCELLI, A. M. (2016). Consumo (in) Sostenible: Nuevos Desafíos Frente a la Obsolescencia Programada como Compromiso con el Ambiente y la Sustentabilidad. Ambiente y Sostenibilidad, 105-135.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2013). Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013. 1–44.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2016). Resolución 276 de 2016 (p. 16). p. 16.

Ministerio del Medio Ambiente, Departamento Nacional de Planeación, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas (MMA – DNP - COLCIENCIAS). (2001). Política Nacional de Investigación Ambiental. 38 p

Minvivienda. (2016). Decreto 596 del 2016. 22.

Morató et al. (2017). Situación y Evolución De La Economía Circular En España. Retrieved from <http://cotec.es/media/informe-CotecISBN-1.pdf>

Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. Cogent Engineering, 3(1), 1167990.

Pereira, T. D. E. (2009). Actualización Plan Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira

Plan de Manejo Ambiental primer trimestre 2017 (enero - diciembre) centro de gestión ambiental informe trimestral de seguimiento plan de manejo ambiental – utp- primer trimestre año 2017 (enero - marzo). (2017). 2017.

Polanco, C. (2005). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. Revista Gestión y ambiente.

Quiroga Martínez, R. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo

sostenible: estado del arte y perspectivas. cepal.

Quiroga, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 129p.

Ruckley, F. (2010). Recycling and Waste Management Policy 2010. The University of Edinburgh. Edimburgo, Escocia.

University of Florida. (2009). Audit of Solid Waste Management Practices And Generation at the University of Florida. Florida.

Universidad Tecnológica de Pereira. (2010). Acuerdo N° 41 de 2010. Por medio del cual se adopta la Política Ambiental en la Universidad Tecnológica de Pereira y se dictan otras disposiciones. Pereira, Colombia. 18 de noviembre.

Universidad Tecnológica de Pereira. (2009). Plan de ordenamiento territorial del campus universitario. Pereira, Colombia.

ANEXOS

1. CRONOGRAMA

Inicialmente se realizó el cronograma de actividades basado en el diagrama de Gantt que consiste en una herramienta gráfica cuyo objetivo exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Para esta investigación fue necesario elaborar el cronograma con las actividades y compromisos del director y el estudiante. De ahí, dando cumplimiento de manera ordenada con las tareas y los objetivos planteados, expuestos en el principio del trabajo de grado.

El estudio se tardó 6 meses aproximadamente, se empezó en el mes de febrero y culminó en agosto, se elaboró 3 cuadros con su respectivo contenido que son: mes, año, actividad, tiempo de duración y en el mes de junio y julio se trazó una línea roja en toda la mitad significando la etapa final del proyecto.

1.Cronograma

ACTIVIDAD	INICIO	FINAL	DURACIÓN	FEBRERO				MARZO				
				semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	
Búsqueda y selección de información	2/04/2019		1 semana									
1. asesoría con el director (socialización de los documentos buscados)			1 semana									
2. Asesoría del primer objetivo de proyecto de grado			2 semanas									
Realización de la tareas asignadas por el docente			1 semana									
3. Asesoría con funcionaria de CDA			1 semana									
4. Asesoría con el director sobre cifras de generación de residuos del campus			2 semanas									

Elaboración propia⁹, 2019.

⁹ Terrazas Pastor, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. Revista Perspectivas, (28), 7-32.

ACTIVIDADES	INICIO	FINAL	DURACIÓN	ABRIL				MAYO				
				semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	
5. Asesoría con el director culminación del primer objetivo	04/2/19		1 semana									
6. Asesoría del segundo objetivo proyecto de grado (metodología)			2 semana									
Elaboración y redacción de la metodología con sus respectivas bibliografías			2 semana									
7. Asesoría revisión del segundo objetivo y correcciones			3 semanas									

Elaboración propia, 2019 tomado de terrazas 2011

ACTIVIDADES	INICIO	FINAL	DURACIÓN	JUNIO				JULIO				
				semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	
8 Asesoría del tercer objetivo indicadores ambientales	06/4/19		1 semana									
Explicación de la realización de la huella de carbono			1 semana									
No hubo asesoría por cuestión de trabajo del director y estudiante			cero									
9 Asesoría elaboración de los escenario de huella de carbono			2 semanas									
10 Asesoría correcciones del tercer objetivo			2 semanas									
Reunión de entrega de trabajo		10/25/19	1 semanas									

Elaboración propia, 2019 Tomado de Terrazas 2011

	Duración de actividad
	Etapa de finalización

Anexo 3. Factores de referencia para el análisis de escenarios frente a la dinámica de generación y manejo de Residuos Sólidos (RS) en el campus universitario (UTP)

1. Generación de RS	Año 2017
Generación residuos sólidos (Ton/Año)**	203
Participación de RS (%)*	65%
Generación RS (Ton/Año)	132
<i>*Fuente: ATESA de Occidente S.A E.S.P</i>	
<i>**Fuente: PGIRS (2017)</i>	

Población estudiantil año 2017*	17,613
PPC (kg/Pers.-Día)**	0.02
<i>*Fuente: de acuerdo con el boletín electrónico de indicadores publicado en el año 2014) con 17.613 estudiantes en los programas de pregrado y 1.265 en los de posgrados</i>	
<i>**Población estudiantil</i>	

2. Composición RS	
Material	%
Biodegradables	70.55%
Papeles	11.18%
Plásticos	10.12%
Vidrios	3.76%
Metales	1.16%
Textiles	1.01%
Madera	0.27%
Otros	1.95%
Total	100.00%
<i>Fuente: Alcaldía (2014).</i>	

3. Tasa de crecimiento poblacional en la zona urbana de Pereira

Tasa de crecimiento poblacional*	0.646%
Población urbana año 2005 (DANE)	371,239
Población urbana año 2020 (DANE)	408,883
Año inicial	2,005
Año final	2,020

*Proyección a partir del método geométrico. Tomado de la Guía RAS - 001. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003)

4. Valor SMMLV, año 2017 (\$/Mes)

737,717

5. Valor materiales reciclables con comercio en el municipio de Pereira

Materiales de papel	Importancia en cantidad	Valor (\$/kg)	Ponderación (Importancia y valor)
Archivo	8	400	3200
Corrugado (cartón)	7	220	1540
Archivo mixto	6	50	300
Revista	5	400	2000
Plegadiza	4	40	160
Kraft	3	100	300
Directorio (Unidad)	2	100	200
Periódico	1	200	200
Valor promedio papeles (\$/kg)			219.4

Materiales de plástico	Importancia en cantidad	Valor (\$/kg)	Ponderación (Importancia y valor)
PET	4	750	3000
PEAD	3	350	1050
PVC	2	350	700
PEBD	1	250	250
Valor promedio plásticos (\$/kg)			500
valor promedio vidrios (\$/kg)			80
Materiales de metal	Importancia en cantidad	Valor (\$/kg)	Ponderación (Importancia y valor)
Chatarra ferrosa	5	400	2000
Aluminio - latas de bebidas	4	3200	12800
Aluminio grueso	3	3200	9600
antimonio	2	4200	8400
Cobre	1	14500	14500
Valor promedio metales (\$/kg)			3,153.33

6. Información recicladores de oficio.

6.1 Número de recicladores de oficio en el censo oficial (Alcaldía de Pereira, 2017)	1,124
6.2 Porcentaje de recicladores de oficio en condición de habitante de calle	23%
6.3 Número de recicladores de oficio en condición de habitante de calle	259

7. Aprovechamiento de RS en el año base (2017)

7.1 Material recuperado en bodegas de reciclaje en el año 2017

Materiales (RS)		Aprovechamiento (Ton/Año)*									
		Composición material recuperado		Asociación Chatterros		EMAUS		CORPEREIRA		ECO EJE	
		Total (Ton/Mes)	(Con respecto al total de cada material generado) * (%)	Ton/Año***	%	Ton/Año	%	Ton/Año	%	Ton/Año	%
Papeles	Cartón	1,858.99	#REF!	1166.4	14.40%	30.24	14.40%	36.81	25.58%	625.54	14.40%
	Archivo	2,314.53	#REF!	1458	18.00%	37.80	18.00%	36.81	25.58%	781.92	18.00%
Plásticos		5,044.41	#REF!	3207.6	39.60%	83.16	39.60%	33.43	23.23%	1,720.22	39.60%
Vidrio		3,057.88	#REF!	1944	24.00%	50.40	24.00%	20.92	14.54%	1,042.56	24.00%
Metal		522.07	#REF!	324	4.00%	8.40	4.00%	15.91	11.06%	173.76	4.00%
Total		12,797.88		8100	100%	210	1.00%	143.88	100%	4344	100.00%

*Fuente: Asociación de Recicladores de Pereira y Risaralda (A CORPEREIRA), Precooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU), Asociación de Chatterros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda, Asociación Ecológica del Eje Cafetero (ECO EJE), Asociación Comunitaria (EMAÚS) y Precooperativa Infinity Recycle.

**Sin tener en cuenta el desperdicio generado durante el aprovechamiento, que equivale al 10% del material recuperado.

7.2 Índice de aprovechamiento de RS durante el año base (2017)	
Materiales (RS)	Aprovechamiento con respecto al total de RS (%)
Papeles	4.12%
Plásticos	4.98%
Vidrio	3.02%
Metal	0.52%
Total	

8. Desperdicio en bodegas de reciclaje	10%
<i>Fuente: Alcaldía de Pereira, 2015. Pruebas piloto aprovechamientos de RS.</i>	

9. Factores de emisión de GEI asociados a la Huella de Carbono (HC) de los procesos de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta)			
Producto	Emisiones (de la cuna a la puerta)		Fuente
Alimentos	0.8	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de alimento	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA HUELLO DE CARBONO GENERADA POR EL CONSUMO DE FRUTAS Y VERDURAS EN ESPAÑA (2017) (HC Alimentos)
Papel	17.7	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de papel virgen	Informe de sostenibilidad Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón ANDI, periodo 2010 - 2015 (2016). (Hc Papel 2)
Plástico virgen	2.7	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de plástico virgen	ASIPLA 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 (2009) (HC Plástico)
Vidrio	1.8	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de vidrio virgen	Ashby, M. F. (2009). Materials and the Environment. Eco-Informed Material Choice. Oxford: Butterworth-Heinemann. (p. 339) (HC Vidrio)
Metales	6.0	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de metal virgen	US EPA 2006, Solid Waste Management and Greenhouse Gases - A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks 3rd Edition. United States Environmental Protection Agency, p22

10. Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final)

10.1 CRITERIOS DE CÁLCULO PARA EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA ACTIVIDAD DE RECOLECCIÓN DE RS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA

Distancia recorrida (km/Vehículo-recolección)	Distancia recolección (km)	Distancia transporte (km)	Capacidad de vehículo recolector (Ton/Vehículo-día)	Consumo de combustible (km/Gal)	Fuente
75.48	39.90	35.58	14.5	6	ATESA de Occidente SA ESP, Aseo Plus SA ESP, ESP Tribunales Córcega y Plan Municipal de GIRS de Pereira (2016)

10.2 FACTORES DE EMISIÓN DIRECTA PARA EL DIÉSEL (B-10) (FUENTES MOVILES)

	FACTOR DE EMISIÓN (kg CO2/gal)	FACTOR DE EMISIÓN (kg CH4/gal)	FACTOR DE EMISIÓN (kgN 2 O/gal)	Fuente
Diésel B10	10.2765	0.000037	0.000037	Guía Técnica Orientada al Cálculo y Gestión de la Huella Asociada al Manejo y Disposición de Residuos (Fundación Natura, 2016)
P.C.G	1	28	265	

11. Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de tratamiento de RS biodegradables (RS) con fines de aprovechamiento

11.1 FACTORES DE EMISIÓN DE GEI PARA LAS EMISIONES DE CH4 Y N2O PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RS.

Tipo de tratamiento	Factores de emisión de CH4 (Ton. de CH4/Ton. de RS tratados)		Factores de emisión de N2O (Ton. de N2O/Ton. de RS tratados)		Fuente
	Base seca	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	
Aeróbico	0.01	0.004	0.0006	0.0003	Arnold, M. (2005) comunicación personal; Beck-Friis (2002); Detzel et al. (2003); Petersen et al. 1998; Hellebrand 1998; Hogg, D. (2002); Vesterinen (1996). Citado en: Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI. Volumen 5 – Desechos. Cuadro 4.1 – Factores de Emisión por Defecto para las Emisiones de CH4 y N2O Procedentes del Tratamiento Biológico de los Desechos. Directrices del IPCC (2006).
Anaeróbico	0.002	0.001	Se supone insignificante	Se supone insignificante	

12. Factores de reducción potencial de emisiones de GEI asociados a la HC de la actividad de tratamiento de RS inorgánicos aprovechables (RS)

Material	Reducción potencial (Ton. Eq. CO2/Ton. Material)		Fuente
	Mínimo	Máximo	
Papeles	0.60	3.20	Zaman, A., Lehman, S. (2013). The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city”. Journal of Cleaner Production. 50 (2013), 123-132.
Plásticos	0.95	1.88	
Vidrios	0.18	0.62	
Metales	1.40	17.80	

13. Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de incineración de RS

Tipo de material en los RS		Contenido de Carbono total en peso seco (%)	Fracción de carbono fósil del total de carbono (%)	Contenido de carbono total (Ton CO ₂ /Ton.Residuo)	FACTOR DE EMISION (Ton.CO ₂ /Ton.Residuo)	FACTOR DE EMISIÓN (Ton.CH ₄ /Ton.Residuo)*	FACTOR DE EMISIÓN (Ton.N ₂ O/Ton.Residuo)**	Potencial de incineración	Fuente
Papeles		46%	1%	0.46	0.0046	0.237	0.000221	100%	Directrices del IPCC (2006) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Corresponde a un sistema de incineración por lotes con lecho fluidizado. Se estima esta alternativa por tratarse del factor de emisión de CH ₄ más crítico frente a los demás tipos de incineración, de acuerdo a los factores de emisión del cuadro 5.3 del capítulo 5. **GIO, 2005. (Cuadro 5.4 p.23.)
Plásticos		75%	100%	0.75	0.7500	0.237	0.000221	100%	
Vidrios		ND	ND	ND	ND	0	0	0%	
Metales		ND	ND	ND	ND	0	0	0%	
Otros	Textil	50%	20%	0.50	0.1	0.237	0.000221	100%	
	Madera	50%	0%	0.50	-	0.237	0.000221	100%	
	Otros	3%	100%	0.03	0.03	0.237	0.000221	100%	

14. Factores de emisión de GEI asociados a la HC de la actividad de disposición final de RS		
14.1 CONSUMO COMBUSTIBLE EN EL RELLENO SANITARIO "LA GLORITA" DE PEREIRA DURANTE EL AÑO BASE		
Mes	Consumo (Gal)	Fuente
Enero	3,815.10	ATESA de Occidente SA ESP. *FCCDF: Índice de consumo de combustible de maquinaria en el relleno sanitario (Gal/Ton.Res.Dispuesta).
Febrero	5,099.50	
Marzo	5,207.00	
Abril	4,758.20	
Mayo	4,701.00	

Junio	4,323.30	
Julio	3,984.40	
Agosto	3,565.20	
Septiembre	3,444.70	
Octubre	3,182.90	
Noviembre	3,072.10	
Diciembre	3,802.60	
TOTAL	48,956.00	
FCCDF*:	0.00	

14.2 FACTORES DE EMISIÓN DE GEI ASOCIADOS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL RELLENO SANITARIO "LA GLORITA" DURANTE EL AÑO BASE

Consumo energía eléctrica - Año base (kWh)				Emisiones de CO2 (Ton. Eq. CO2)	Factor emisión Energía (Ton CO2/MWh) año 2016	Fuente	WEB
Mes	Oficinas	PTAR	Estación lavado				
Enero	3,180	2,448	629	2.00	0.320	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Febrero	3,120	2,448	629	1.98	0.320	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Marzo	3,300	2,448	629	2.36	0.370	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Abril	2,880	2,448	629	1.67	0.280	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf

Mayo	2,040	2,448	629	0.67	0.130	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Junio	2,040	2,448	629	0.67	0.130	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Julio	2,100	2,448	629	0.57	0.110	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Agosto	1,980	2,400	629	0.65	0.130	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Septiembre	1,410	2,280	629	0.52	0.120	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Octubre	1,770	2,940	629	0.80	0.150	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Noviembre	2,910	2,340	629	0.68	0.115	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
Diciembre	2,850	2,280	629	0.52	0.090	UPME	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf
TOTAL	29,580	29,376	7,548	13.1	0.189		
Promedio					0.189		

14.3 FACTORES DE EMISIÓN DE GEI ASOCIADOS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL RELLENO SANITARIO

Consumo total de energía (kwh/Año)	66,504.00
Cantidad de residuos dispuestos en el año base (Ton/Año)	34.73
Consumo de energía eléctrica por tonelada de residuos dispuesta (kwh/Ton)	1,914.97
Emissiones totales de CO2 por consumo eléctrico	13.1
Emission de CO2 por consumo eléctrico por tonelada dispuesta (Ton.Eq.CO2/Ton res. Dispuesta)	0.376558

14.4 FACTORES DE EMISIÓN Y PESO DE GAS METANO (CH4), ASOCIADOS GASES Y LIXIVIADOS EN RELLENO SANITARIO			
Aspecto	Unidad	Magnitud	Fuente
Caudal de lixiviados	L/s	3.96	Int. J. Environ. Res., 6(4):875-882, Autumn 2012 ISSN: 1735-6865. Power Plant Design Using Gas Produced By Waste Leachate Treatment Plant. Rashidi, Zh., Karbassi, A. R., Ataei, A., Ifai, P., Samiee-Zafarghandi, R. and Mohammadizadeh, M. J.
	m3/Año	124,882.6	
Índice de generación de metano asociado al lixiviado	m3 de CH4/m3 lixiv. Tratado	37	
Peso del CH4	kg/m3	0.68	
Índice de generación de lixiviado	m3/Ton Biodegr. Dispuesta	616.55	
Índice de generación estimada de biogás a partir de materia orgánica	m3/Ton	200	
Fracción de CH4 contenido en el biogás	%	55%	Panesso et al (2012); Robles, M. (2008)

15. Empleos formales e informales asociados al manejo de los RS

Prestadores servicio	Recolección y transporte	Disposición final
Aseo Plus	20	0
ATESA	57	36
Total	77	36
TOTAL	113	

15.1 Número de recicladores reportados, según organizaciones y registro en el Censo Oficial						
Organización	Total recicladores de oficio		Recicladores de oficio censados en el censo de 2016		Recicladores de oficio no censados en el censo de 2016	
	No.	%	No.	Porcentaje	No.	Porcentaje

AROC	96	9.23%	39	11.02%	57	8.31%
ASORPEREIRA - COOPAZFU	42	4.04%	33	9.32%	9	1.31%
ECO EJE	176	16.92%	53	14.97%	123	17.93%
ASO CHATARREROS	700	67.31%	215	60.73%	485	70.70%
EMAUS	20	1.92%	10	2.82%	10	1.46%
INFINITY	6	0.58%	4	1.13%	2	0.29%
TOTAL	1040	100%	354	100%	686	100%

15.2 Empleados disposición final relleno sanitario "La Glorita"	
Ayudantes	13
Basculeros	3
Planta de tratamiento	3
Supervisores	3
Operarios maquinaria pesada	5
Maestros de obra	1
Ayudantes de construcción	3
Ingeniero residente	1
Asistente de dirección	1
Conductores volqueta	2
Director	1
TOTAL	36

16. Número de suscriptores del sector residencial										
1	Número de suscriptores	Prestador	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	No.	%
		ATESA	22,917	43,381	25,028	15,648	5,914	2,917	115,805	80.6%

	según estrato socioeconómico	Aseo Plus	1,187	2,026	2,494	1,737	1,116	1,654	10,214	7.1%
2	Número de suscriptores residenciales grandes generadores		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6		
		ATESA	3	192	575	5,865	8,169	2,917	17,721	0
		Aseo Plus							-	0%
TOTAL			24,107	45,599	28,097	23,250	15,199	7,488	143,740	100%

Fuente: FSRI (Alcaldía de Pereira - 2017). Información a diciembre de 2017 - Usuarios residenciales.

17. Separación en la fuente de RS

Separación en la fuente de RS con fines de aprovechamiento	49.90%
Separación en la fuente de RS con fines de aprovechamiento	0%

18. Factores relacionados con la tarifa

PRESTADOR	CRT	QRT	CDF	QRS
ATESA	\$ 79,110	\$ 12,188	\$ 32,993	\$ 22,626
ASEO PLUS	\$ 108,786	\$ 286	\$ 32,993	\$ 22,626
TRIBUNAS	\$ 136,803	\$ 148	\$ 32,993	
PROMEDIO	\$ 79,790		\$ 32,993	
% Remun.	70.75%		29.25%	

VBA	\$ 112,783
-----	------------

CCS	ATESA	ASEO PLUS
Sin aprovechamiento	\$2,087.00	\$1,526.67

Aprovechamiento	\$626.10	\$458.00
Total	\$2,713.10	\$1,984.67

Anexo 4. HUELLA DE CARBONO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS (RS) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCENARIO ACTUAL

Unidad funcional:

Manejar los residuos sólidos ordinarios generados en el Campus Universitario (UTP) durante un año "2017".

Flujo de referencia:	41.6	Ton/Año de RS del campus universitario (UTP)
----------------------	------	--

Año base	2017
----------	------

Etapas

- Etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)
- Etapa de uso (consumo) de productos en el sector residencial
- Etapa de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida
- Etapa de fin de vida de RS aprovechados
- Etapa de fin de vida de RS no aprovechados (incineración)
- Etapa de fin de vida de RS no aprovechados (disposición final en relleno sanitario)

Entrada	Cantidad	Unidad	Etapa	Salida	Cantidad	Unidad
Materias primas y recursos naturales			Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta)	Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial (RS potenciales)	41.6	Ton/Año
				GEI Producción alimentos	1.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción papel	307.3	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción plástico	17.6	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción vidrio	5.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción metales	77.8	Ton. Eq. CO2/Año
				Total materias primas y manufactura	409.4	Ton. Eq. CO2/Año

Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial		Ton	Uso (consumo) de productos en el sector residencial	Generación de RS:	Cantidad	Unidad
				Biodegradables	1.7	Ton/Año
				Papeles	17.4	Ton/Año

				Plásticos	6.5	Ton/Año
				Vidrios	3.1	Ton/Año
				Metales	12.9	Ton/Año
				Otros	-	Ton/Año
				Total generación de RS	41.6	Ton/Año
Combustible (ACPM - Diesel) recolección y transporte RS no aprovechados	30.1	Gal/Año	Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento, tratamiento y disposición final)	<u>Emisiones de GEI por recolección y transporte de RS hasta su fin de vida</u>		
				Emisiones de CO2 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de CH4 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de N2O vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por recolección y transporte RS	-	Ton. Eq. CO2/Año

<u>RS:</u>			Fin de vida RS aprovechados	<u>Reducción de emisiones de GEI por aprovechamiento de RSU</u>		
Biodegradables aprovechados	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por tratamiento de biod.	-	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento aeróbico	-			Tratamiento aeróbico (compostaje)	-	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento anaeróbico	-			Tratamiento anaeróbico (digestión)	-	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles recuperados	4.0	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de papeles	- 12.8	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos recuperados	0.5	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de plásticos	- 1.0	Ton. Eq. CO2/Año
Vidrios recuperados	0.1	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de vidrios	- 0.1	Ton. Eq. CO2/Año
Metales recuperados	2.2	Ton/Año		Emisiones de GEI por	- 3.1	Ton. Eq.

				reciclaje de metales		CO2/Año
Total	6.8	Ton/Año		Total reducción de emisiones por reciclaje de RS	- 16.9	Ton. Eq. CO2/Año

<u>RS:</u>			Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	<u>Emisiones de GEI por incineración de RS</u>		
Papeles a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de papeles	-	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de plásticos	-	Ton. Eq. CO2/Año
Madera a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de madera	-	Ton. Eq. CO2/Año
Textil a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de textil	-	Ton. Eq. CO2/Año
Otros residuos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de otros residuos	-	Ton. Eq. CO2/Año

		Total emisiones por incineración de RS	-	Ton. Eq. CO2/Año
--	--	--	---	------------------

RS:			Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	Emisiones de GEI por disposición final de RS		
Biodegradables	1.7	Ton/Año		Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	3.6	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles	13.4	Ton/Año		GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	738.4	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos	6.0	Ton/Año		Emisiones de CO2 maquinaria	0.0	Ton. Eq. CO2/Año
Vidrios	2.9	Ton/Año		Emisiones de CH4 maquinaria	0.0000	Ton. Eq. CO2/Año
Metales	10.7	Ton/Año		Emisiones de N2O maquinaria	0.0000	Ton. Eq. CO2/Año
Otros	-	Ton/Año		GEI asociados al consumo eléctrico	13.1	Ton. Eq. CO2/Año
Combustible maquinaria (Diésel B-10)	0.1	Gal/Año		Total emisiones por	755.0	Ton. Eq.
Energía eléctrica	66,504.0	kWh/Año				
Lixiviado a tratar	1,048.1	m3/Año				

				disposición final		CO2/Año
--	--	--	--	-------------------	--	---------

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas	HC (Ton. eq. CO2/Año)	%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Sin aprovechamiento)	409.4	35.68%
- GEI Producción alimentos	1.4	0.12%
- GEI Producción papel	307.3	26.78%
- GEI Producción plástico	17.6	1.53%
- GEI Producción vidrio	5.4	0.47%
- GEI Producción metales	77.8	6.78%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Con aprovechamiento)	392.5	34.20%

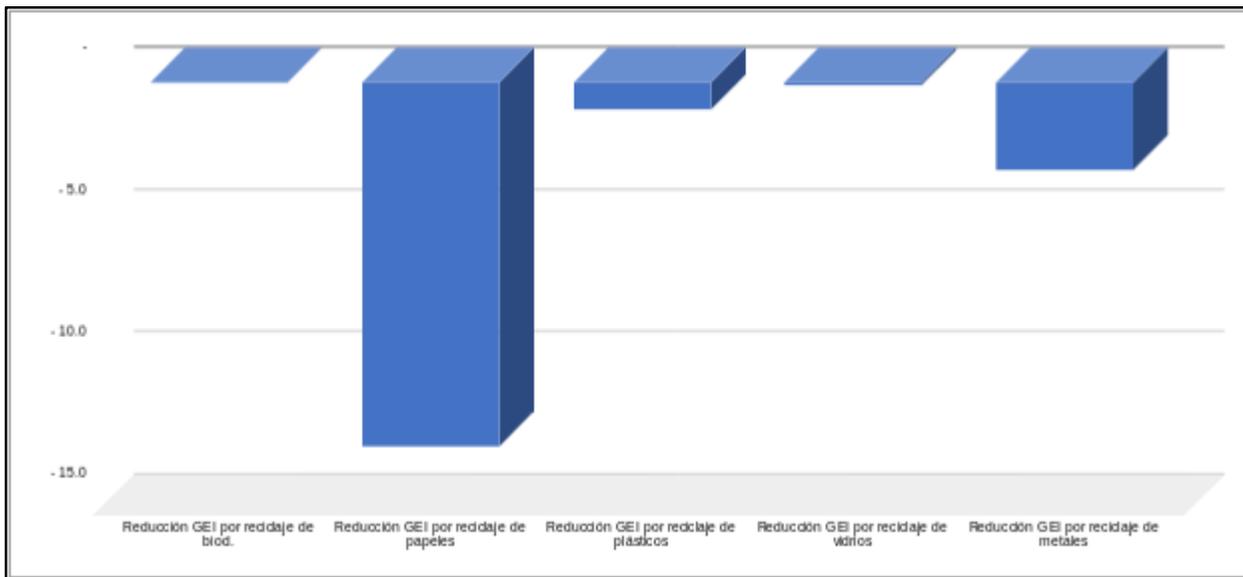
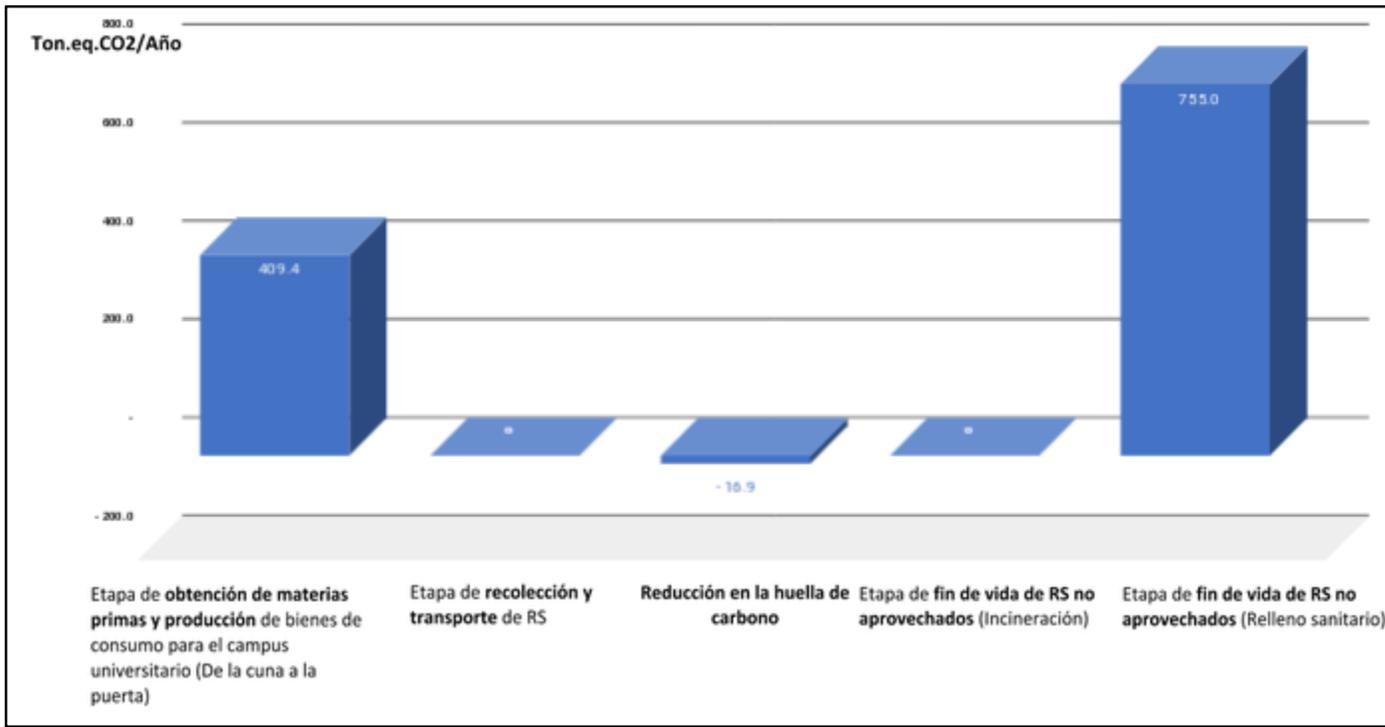
Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
- Emisiones de CO2 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de CH4 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de N2O vehículos recolectores	-	0.00%
Fin de vida RS aprovechados	- 16.9	-1.48%
- Emisiones de GEI por reciclaje de biodegradables	-	0.00%
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	- 12.8	-1.12%
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	- 1.0	-0.08%
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	- 0.1	-0.01%
- Reducción GEI por reciclaje de metales	- 3.1	-0.27%

Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0.00%
- Emisiones por incineración de papeles	-	0.00%

- Emisiones por incineración de plásticos	-	0.00%
- Emisiones por incineración de madera	-	0.00%
- Emisiones por incineración de textil	-	0.00%
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	0.00%
Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	755.0	65.80%
- Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	3.6	0.31%
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	738.4	64.35%
- Emisiones de CO2 asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	0.0	0.00%
- Emisiones de CH4 asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- Emisiones de N2O asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	13.1	1.14%
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO2/Año)	1,147.5	100%
REDUCCIÓN DE LA HC POR APROVECHAMIENTO (Ton. Eq. CO2/Año)	- 16.9	-1.5%

Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO2/Ton RS)	27.60
--	-------

Etapas de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)	409.4	35.68%
Etapas de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
Etapas de fin de vida RS aprovechados	- 16.9	-1.5%
Etapas de fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0%
Etapas de fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	755.0	65.80%
TOTAL, HUELLA DE CARBONO (Ton. Eq. CO2/Año)	1,147.5	100.00%



HUELLA DE CARBONO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS (RS) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCENARIO SIN APROVECHAMIENTO

Entrada	Cantidad	Unidad	Etapas	Salida	Cantidad	Unidad
Materias primas y recursos naturales			Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta)	Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial (RS potenciales)	41.6	Ton/Año
				GEI Producción alimentos	1.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción papel	307.3	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción plástico	17.6	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción vidrio	5.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción metales	77.8	Ton. Eq. CO2/Año
				Total materias primas y manufactura	409.4	Ton. Eq. CO2/Año

Empaques y bienes de		Ton	Uso (consumo) de productos	Generación de RS:
----------------------	--	-----	----------------------------	-------------------

consumo obsoletos del sector residencial			en el sector residencial	Biodegradables	1.7	Ton/Año
				Papeles	17.4	Ton/Año
				Plásticos	6.5	Ton/Año
				Vidrios	3.1	Ton/Año
				Metales	12.9	Ton/Año
				Otros	-	Ton/Año
				RS	41.6	Ton/Año

Combustible (ACPM - Diesel) recolección y transporte RS no aprovechados	36.1	Gal/Año	Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento, tratamiento y disposición final)	<u>Emisiones de GEI por recolección y transporte de RS hasta su fin de vida</u>		
				Emisiones de CO2 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de CH4 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de N2O vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por recolección y transporte RS	-	Ton. Eq. CO2/Año

<u>RS:</u>	Fin de vida RS aprovechados	<u>Reducción de emisiones de GEI por aprovechamiento de RS</u>
------------	-----------------------------	--

Biodegradables aprovechados	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por tratamiento de biod.	-	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento aeróbico	-	Ton/Año		Tratamiento aeróbico (compostaje)	-	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento anaeróbico	-	Ton/Año		Tratamiento anaeróbico (digestión)	-	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles recuperados	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de papeles	-	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos recuperados	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de plásticos	-	Ton. Eq. CO2/Año
Vidrios recuperados	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de vidrios	-	Ton. Eq. CO2/Año
Metales recuperados	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de metales	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total reducción de emisiones por reciclaje de RS	-	Ton. Eq. CO2/Año

<u>RS:</u>			Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	<u>Emisiones de GEI por incineración de RS</u>		
Papeles a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de papeles	-	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de plásticos	-	Ton. Eq. CO2/Año

Madera a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de madera	-	Ton. Eq. CO2/Año
Textil a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de textil	-	Ton. Eq. CO2/Año
Otros residuos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de otros residuos	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por incineración de RS	-	Ton. Eq. CO2/Año

RS:			Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	Emisiones de GEI por disposición final de RS		
Biodegradables	1.7	Ton/Año		Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	3.6	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles	17.4	Ton/Año				
Plásticos	6.5	Ton/Año				
Vidrios	3.1	Ton/Año		GEI del tratamiento de lixiviados	738.4	Ton. Eq.

Metales	12.9	Ton/Año		(sistema anaeróbico)		CO2/Año
Otros	-	Ton/Año				
Combustible maquinaria (Diésel B-10)	0.1	Gal/Año		Emisiones de CO2 maquinaria	0.0	Ton. Eq. CO2/Año
Energía eléctrica	79,603.3	kWh/Año		Emisiones de CH4 maquinaria	0.000 0	Ton. Eq. CO2/Año
Lixiviado a tratar	1,048.1	m3/Año		Emisiones de N2O maquinaria	0.000 0	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI asociados al consumo eléctrico	15.7	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por disposición final	757.6	Ton. Eq. CO2/Año

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas		HC (Ton. eq. CO2/Año)	%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Sin aprovechamiento)		409.4	35.08 %
- GEI Producción alimentos		1.4	0.12%
- GEI Producción papel		307.3	26.33 %

- GEI Producción plástico	17.6	1.51%
- GEI Producción vidrio	5.4	0.46%
- GEI Producción metales	77.8	6.66%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Con aprovechamiento)	409.4	35.08%

Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
- Emisiones de CO2 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de CH4 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de N2O vehículos recolectores	-	0.00%
Fin de vida RS aprovechados	-	0.00%
- Emisiones de GEI por reciclaje de biodegradables	-	0.00%
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	-	0.00%
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	-	0.00%
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	-	0.00%
- Reducción GEI por reciclaje de metales	-	0.00%
Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0.00%
- Emisiones por incineración de papeles	-	0.00%
- Emisiones por incineración de plásticos	-	0.00%
- Emisiones por incineración de madera	-	0.00%
- Emisiones por incineración de textil	-	0.00%
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	0.00%

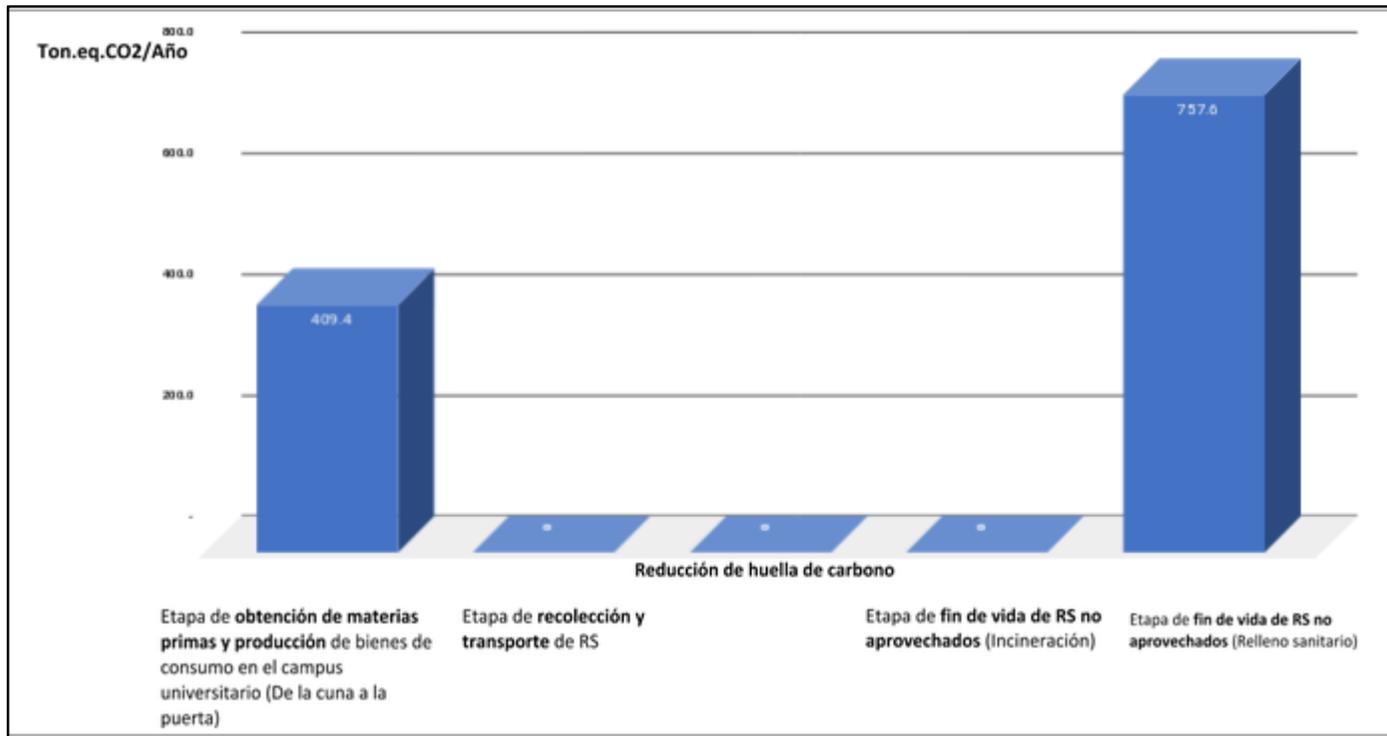
Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	757.6	64.92%
- Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	3.6	0.31%
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	738.4	63.27%
- Emisiones de CO2 asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	0.0	0.00%

- Emisiones de CH4 asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- Emisiones de N2O asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	15.7	1.34%
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO2/Año)	1,167.0	100%
REDUCCIÓN DE LA HC POR APROVECHAMIENTO (Ton. Eq. CO2/Año)	-	0.0%

Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO2/Ton RS)	28.07
--	-------

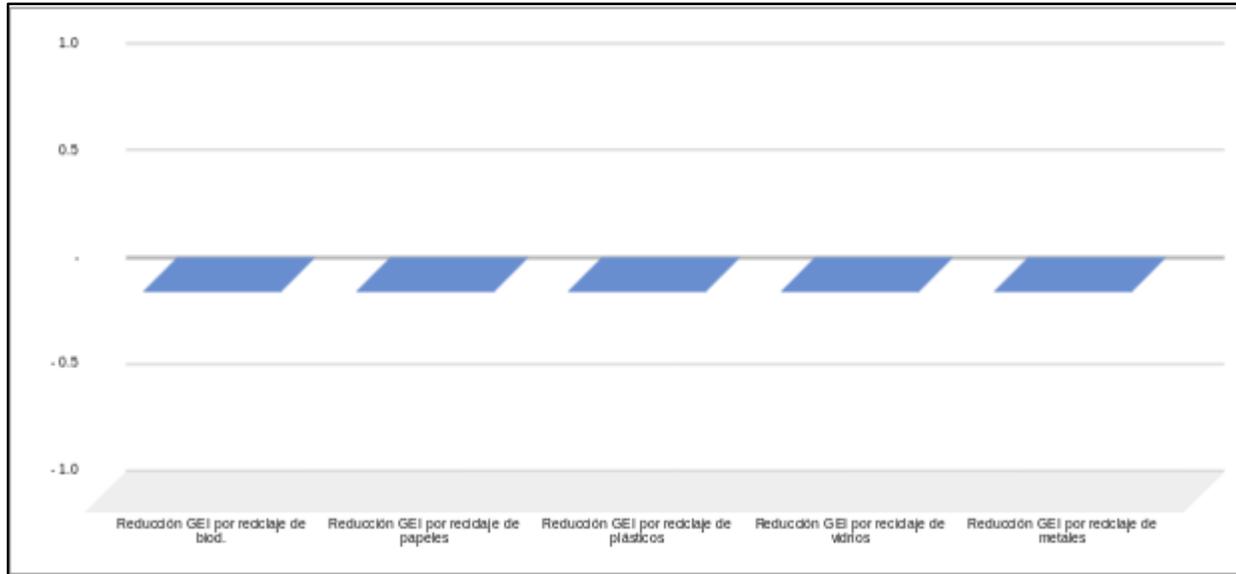
Etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)	409.4	35.08%
Etapa de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
Etapa de fin de vida RS aprovechados	-	0.0%
Etapa de fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0%
Etapa de fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	757.6	64.92%
TOTAL, HUELLA DE CARBONO (Ton. Eq. CO2/Año)	1,167.0	100.00%

Grafica 1. Huella de carbono sin aprovechamiento Etapas



Fuente: adaptado por Hernández

Grafica 2. Huella de carbono sin aprovechamiento Reducción de GEI



Fuente: Adaptado por Hernández

HUELLA DE CARBONO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS (RS) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCENARIO FACTIBLE

Entrada	Cantidad	Unidad	Etapas	Salida	Cantidad	Unidad
---------	----------	--------	--------	--------	----------	--------

Materias primas y recursos naturales			Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta)	Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial (RS potenciales)	41.6	Ton/Año
				GEI Producción alimentos	1.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción papel	307.3	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción plástico	17.6	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción vidrio	5.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción metales	77.8	Ton. Eq. CO2/Año
				Total materias primas y manufactura	409.4	Ton. Eq. CO2/Año

Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial		Ton	Uso (consumo) de productos en el sector residencial	Generación de RS:		
				Biodegradables	1.7	Ton/Año

				Papeles	17.4	Ton/Año
				Plásticos	6.5	Ton/Año
				Vidrios	3.1	Ton/Año
				Metales	12.9	Ton/Año
				Otros	-	Ton/Año
				Total generación de RS	41.6	Ton/Año

Combustible (ACPM - Diesel) recolección y transporte RS no aprovechados	8.4	Gal/Año	Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento, tratamiento y disposición final)	<u>Emisiones de GEI por recolección y transporte de RS hasta su fin de vida</u>		
				Emisiones de CO2 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de CH4 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de N2O vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por recolección y transporte RS	-	Ton. Eq. CO2/Año

<u>RS:</u>	Fin de vida RS aprovechados	<u>Reducción de emisiones de GEI por aprovechamiento de RS</u>
------------	-----------------------------	--

Biodegradables aprovechados	1.4	Ton/Año		Emisiones de GEI por tratamiento de biod.	0.3	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento aeróbico	1.4	Ton/Año		Tratamiento aeróbico (compostaje)	0.3	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento anaeróbico	-	Ton/Año		Tratamiento anaeróbico (digestión)	-	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles recuperados	13.9	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de papeles	- 44.5	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos recuperados	5.2	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de plásticos	- 9.7	Ton. Eq. CO2/Año
Vidrios recuperados	2.5	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de vidrios	- 1.5	Ton. Eq. CO2/Año
Metales recuperados	10.3	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de metales	- 14.5	Ton. Eq. CO2/Año
Total	34.6			Total reducción de emisiones por reciclaje de RS	- 70.0	Ton. Eq. CO2/Año

RS:

Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)

Emisiones de GEI por incineración de RS

Papeles a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de papeles	-	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de plásticos	-	Ton. Eq. CO2/Año
Madera a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de madera	-	Ton. Eq. CO2/Año
Textil a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de textil	-	Ton. Eq. CO2/Año
Otros residuos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de otros residuos	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por incineración de RS	-	

RS:	Fin de vida de RS no aprovechados	Emisiones de GEI por disposición final de RS
-----	-----------------------------------	--

Biodegradables	0.3	Ton/Año	(Disposición final en relleno sanitario)	Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	0.7	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles	3.5	Ton/Año				
Plásticos	1.3	Ton/Año				
Vidrios	0.6	Ton/Año		GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	147.7	Ton. Eq. CO2/Año
Metales	2.6	Ton/Año				
Otros	-	Ton/Año				
Combustible maquinaria (Diésel B-10)	0.0	Gal/Año		Emisiones de CO2 maquinaria	0.0	Ton. Eq. CO2/Año
Energía eléctrica	15,92 0.7	KWh/Año		Emisiones de CH4 maquinaria	0.0000	Ton. Eq. CO2/Año
Lixiviado a tratar	209.6	m3/Año		Emisiones de N2O maquinaria	0.0000	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI asociados al consumo eléctrico	3.1	Ton. Eq. CO2/Año
			Total emisiones por disposición final	151.5	Ton. Eq. CO2/Año	

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas

HC (Ton. eq.)

%

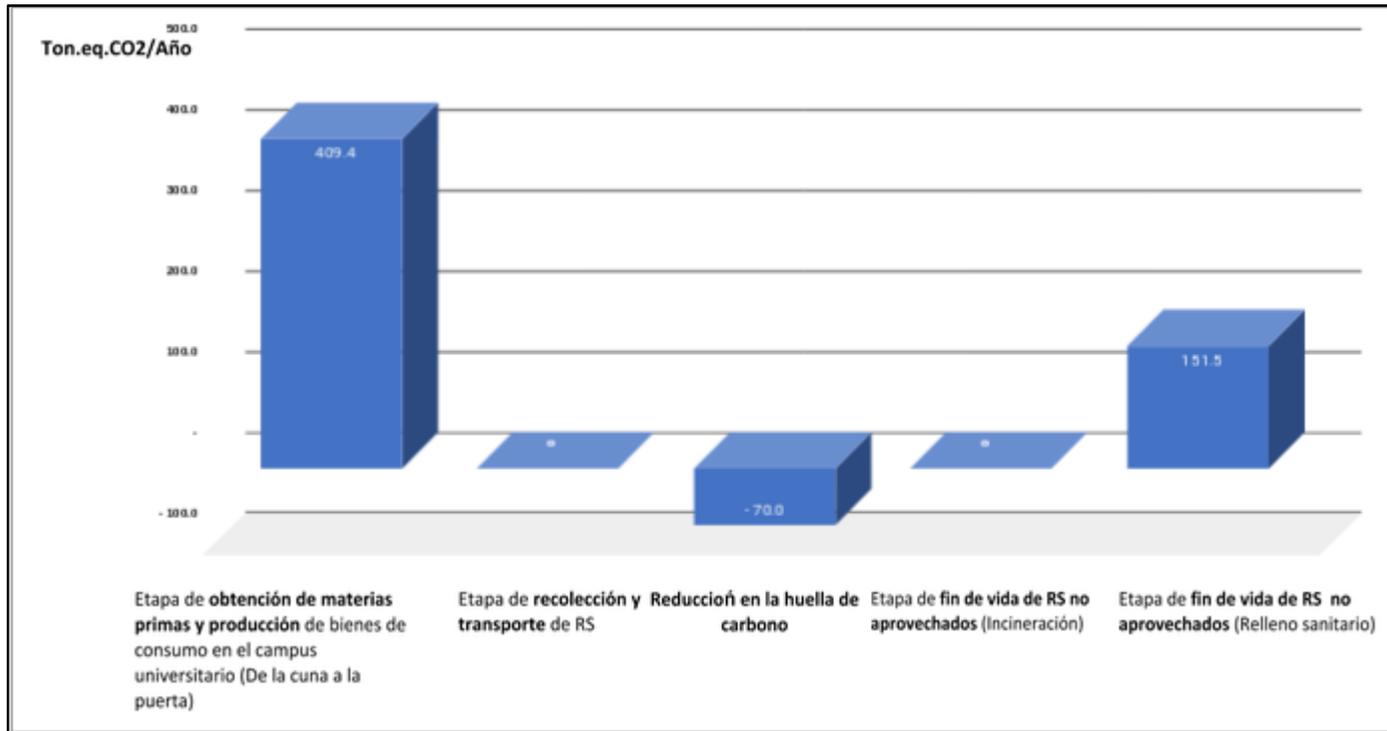
	CO2/Año)	
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Sin aprovechamiento)	409.4	83.40%
- GEI Producción alimentos	1.4	0.28%
- GEI Producción papel	307.3	62.59%
- GEI Producción plástico	17.6	3.58%
- GEI Producción vidrio	5.4	1.09%
- GEI Producción metales	77.8	15.84%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Con aprovechamiento)	339.1	69.08%
Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
- Emisiones de CO2 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de CH4 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de N2O vehículos recolectores	-	0.00%
Fin de vida RS aprovechados	- 70.0	-14.26%
- Emisiones de GEI por reciclaje de biodegradables	0.3	0.05%
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	- 44.5	-9.07%
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	- 9.7	-1.98%
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	- 1.5	-0.31%
- Reducción GEI por reciclaje de metales	- 14.5	-2.95%
Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0.00%
- Emisiones por incineración de papeles	-	0.00%
- Emisiones por incineración de plásticos	-	0.00%
- Emisiones por incineración de madera	-	0.00%
- Emisiones por incineración de textil	-	0.00%
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	0.00%
Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	151.5	30.87%

- Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	0.7	0.15%
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	147.7	30.08%
- Emisiones de CO2 asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	0.0	0.00%
- Emisiones de CH4 asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- Emisiones de N2O asociadas a la operación de maquinaria	0.0	0.00%
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	3.1	0.64%
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO2/Año)	490.9	100%
REDUCCIÓN DE LA HC POR APROVECHAMIENTO (Ton. Eq. CO2/Año)	- 70.0	-14.3%

Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO2/Ton RS)	11.81
---	--------------

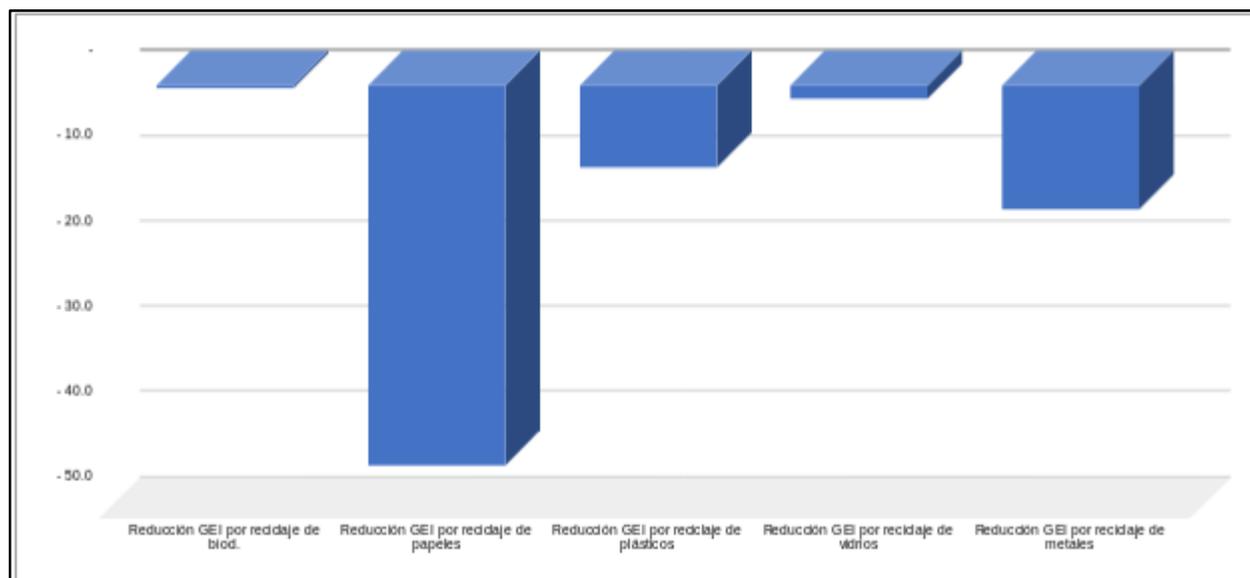
Etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)	409.4	83.40%
Etapa de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
Etapa de fin de vida RS aprovechados	- 70.0	-14.3%
Etapa de fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0%
Etapa de fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	151.5	30.87%
TOTAL, HUELLA DE CARBONO (Ton. Eq. CO2/Año)	490.9	100.00%

Grafica 1. Escenario factible Etapas



Fuente: Adaptado por Hernández

Grafica 2. Escenario factible Reducción de GEI



Fuente: Adaptado por Hernández

HUELLA DE CARBONO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS (RS) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCENARIO APROVECHAMIENTO DE 100%

Entrada	Cantidad	Unidad	Etapas	Salida	Cantidad	Unidad
Materias primas y recursos naturales			Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta)	Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial (RS potenciales)	41.6	Ton/Año
				GEI Producción alimentos	1.4	Ton. Eq. CO2/Año

				GEI Producción papel	307.3	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción plástico	17.6	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción vidrio	5.4	Ton. Eq. CO2/Año
				GEI Producción metales	77.8	Ton. Eq. CO2/Año
				Total materias primas y manufactura	409.4	Ton. Eq. CO2/Año
Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial		Ton	Uso (consumo) de productos en el sector residencial	<u>Generación de RS:</u>		
				Biodegradables	1.7	Ton/Año
				Papeles	17.4	Ton/Año
				Plásticos	6.5	Ton/Año
				Vidrios	3.1	Ton/Año
				Metales	12.9	Ton/Año
				Otros	-	Ton/Año
				Total generación de RS	41.6	Ton/Año

Combustible (ACPM - Diesel) recolección y transporte RS no aprovechados	1.5	Gal/Año	Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida (aprovechamiento, tratamiento y disposición final)	<u>Emisiones de GEI por recolección y transporte de RS hasta su fin de vida</u>		
				Emisiones de CO2 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de CH4 vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Emisiones de N2O vehículos recolect.	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por recolección y transporte RS	-	Ton. Eq. CO2/Año

<u>Total emisiones por recolección y transporte RS</u>			Fin de vida RS aprovechados	<u>Reducción de emisiones de GEI por aprovechamiento de RS</u>		
Biodegradables aprovechados	1.7	Ton/Año		Emisiones de GEI por tratamiento de biod.	0.3	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento aeróbico	1.7	Ton/Año		Tratamiento aeróbico (compostaje)	0.3	Ton. Eq. CO2/Año
Aprovechamiento anaeróbico	-	Ton/Año		Tratamiento anaeróbico (digestión)	-	Ton. Eq. CO2/Año

Papeles recuperados	17.4	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de papeles	- 55.7	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos recuperados	6.5	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de plásticos	- 12.2	Ton. Eq. CO2/Año
Vidrios recuperados	3.1	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de vidrios	- 1.9	Ton. Eq. CO2/Año
Metales recuperados	12.9	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de metales	- 18.1	Ton. Eq. CO2/Año
Total	41.6	Ton/Año		Total reducción de emisiones por reciclaje de RS	- 87.5	Ton. Eq. CO2/Año

			Total reducción de emisiones por reciclaje de RS	<u>Emisiones de GEI por incineración de RS</u>		
<u>RS:</u>				Emisiones por incineración de papeles	-	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de plásticos	-	Ton. Eq. CO2/Año
Plásticos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de madera	-	Ton. Eq. CO2/Año
Madera a incinerar	-	Ton/Año				

					o	
Textil a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de textil	-	Ton. Eq. CO2/Año
Otros residuos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de otros residuos	-	Ton. Eq. CO2/Año
				Total emisiones por incineración de RS	-	

RS:			Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	<u>Emisiones de GEI por disposición final de RS</u>		
Biodegradables	-	Ton/Año		Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	-	Ton. Eq. CO2/Año
Papeles	-	Ton/Año				
Plásticos	-	Ton/Año		GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	-	Ton. Eq. CO2/Año
Vidrios	-	Ton/Año				
Metales	-	Ton/Año		Emisiones de CO2 maquinaria	-	Ton. Eq. CO2/Año
Otros	-	Ton/Año		Emisiones de CH4 maquinaria	0.0000	Ton. Eq. CO2/Año
Combustible maquinaria (Diésel B-10)	-	Gal/Año		Emisiones de N2O	0.0000	Ton. Eq. CO2/Año
Energía eléctrica	-	kWh/Año				
Lixiviado a tratar	-	m3/Año				

			maquinaria		
			GEI asociados al consumo eléctrico	-	Ton. Eq. CO2/Año
			Total emisiones por disposición final	-	Ton. Eq. CO2/Año

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas	HC (Ton. eq. CO2/Año)	%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta) (Sin aprovechamiento)	409.4	127.19%
- GEI Producción alimentos	1.4	0.43%
- GEI Producción papel	307.3	95.46%
- GEI Producción plástico	17.6	5.47%
- GEI Producción vidrio	5.4	1.67%
- GEI Producción metales	77.8	24.16%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RS (de la cuna a la puerta) (Sin aprovechamiento)	321.6	99.90%
Recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%
- Emisiones de CO2 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de CH4 vehículos recolectores	-	0.00%
- Emisiones de N2O vehículos recolectores	-	0.00%

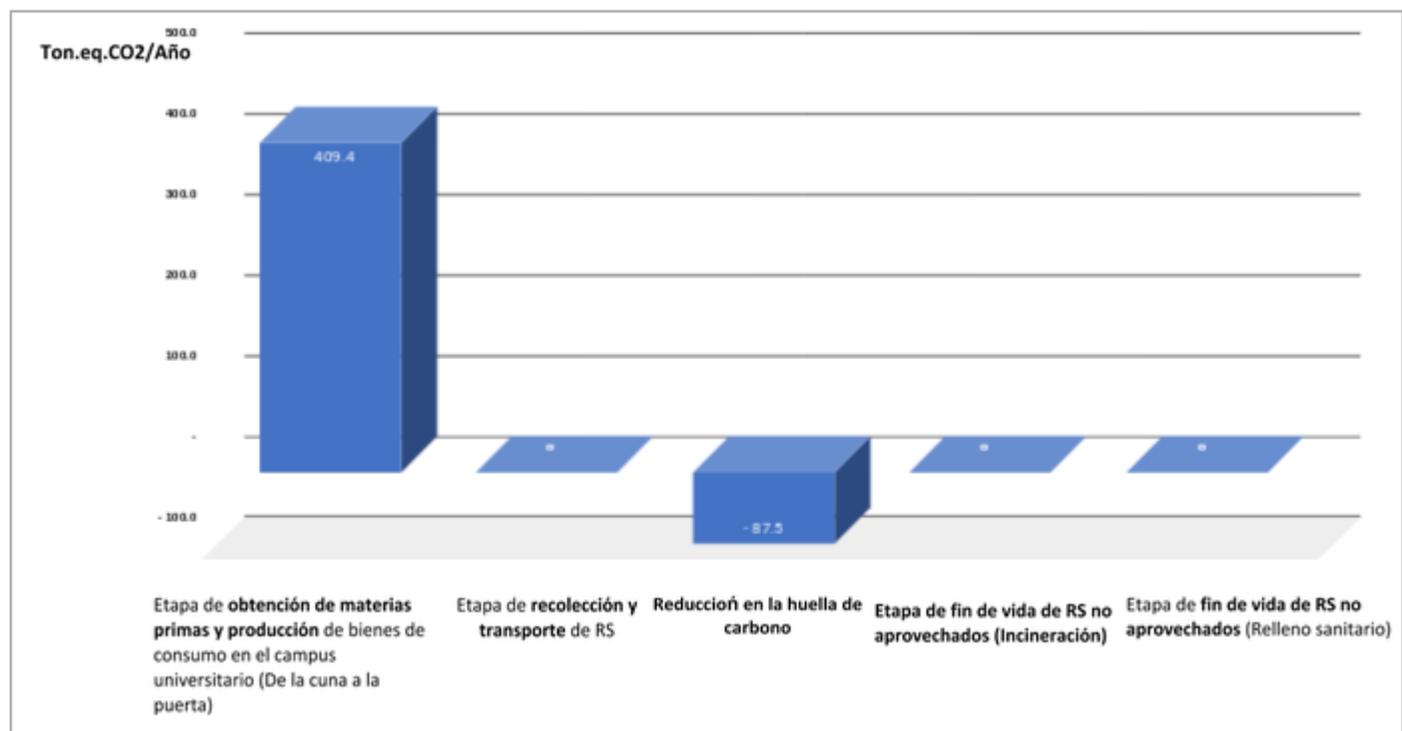
Fin de vida RS aprovechados	- 87.5	-27.19%
- Emisiones de GEI por reciclaje de biodegradables	0.3	0.10%
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	- 55.7	-17.30%
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	- 12.2	-3.78%
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	- 1.9	-0.59%
- Reducción GEI por reciclaje de metales	- 18.1	-5.62%
Fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0.00%
- Emisiones por incineración de papeles	-	0.00%
- Emisiones por incineración de plásticos	-	0.00%
- Emisiones por incineración de madera	-	0.00%
- Emisiones por incineración de textil	-	0.00%
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	0.00%
Fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	-	0.00%
- Emisiones de CH4 en biogás por descomposición de residuos biodegradables	-	0.00%
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	-	0.00%
- Emisiones de CO2 asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	-	0.00%
- Emisiones de CH4 asociadas a la operación de maquinaria	-	0.00%
- Emisiones de N2O asociadas a la operación de maquinaria	-	0.00%
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	-	0.00%
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO2/Año)	321.9	100%
REDUCCIÓN DE LA HC POR APROVECHAMIENTO (Ton. Eq. CO2/Año)	- 87.5	-27.2%

Huella de carbono por tonelada de RS generada y manejada (Ton.eq.CO2/Ton RS)	7.74
--	------

Etapas de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)	409.4	127.19%
Etapas de recolección y transporte de RS hasta su fin de vida	-	0.00%

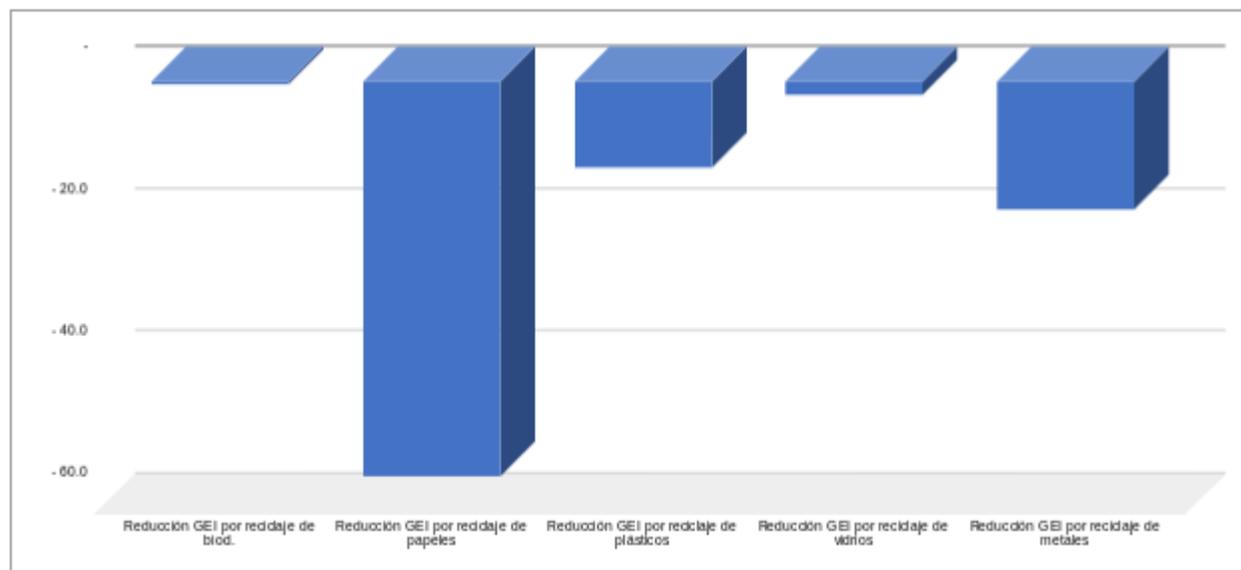
Etapa de fin de vida RS aprovechados	- 87.5	-27.2%
Etapa de fin de vida RS no aprovechados (Incineración)	-	0%
Etapa de fin de vida de RS no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	-	0.00%
TOTAL, HUELLA DE CARBONO (Ton. Eq. CO2/Año)	321.9	100.00%

Grafica 1. Aprovechamiento 100% Etapas



Fuente: Adaptado a Hernández

Grafica 2. Aprovechamiento por Reducción de GEI



Fuente: Adaptado por Hernández

