



*Metabolismo industrial del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías,
Ecuador*

*Industrial metabolism of the Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio
Macías, Ecuador*

*Metabolismo industrial do Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías,
Equador*

Ricardo Fabricio Muñoz-Farfán ^I

itspem.rmunoiz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

Telly Yarita Macías-Zambrano ^{II}

itspem.tmacias@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

Roque Alexander Mendoza-Zambrano ^{III}

itspem.rmendoza@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7659-8975>

Eder Israel Chinga-Muentes ^{IV}

itspem.echinga@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8708-7297>

Adrián Adalberto Hernández-Solís ^V

itspem.ahernandez@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1028-4169>

Correspondencia: itspem.rmunoiz@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 de marzo de 2022 * **Aceptado:** 10 de abril de 2022 * **Publicado:** 10 de mayo de 2022

- I. Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Portoviejo, Ecuador.
- II. Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina.
- III. Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Portoviejo, Ecuador.
- IV. Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Portoviejo, Ecuador.
- V. Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

La presente investigación se fundamenta en el análisis de flujo de materiales y la cuantificación de flujos y stock que se utilizan en una institución de educación superior, teniendo como objetivo, evaluar el consumo de los recursos mediante los flujos de consumo, estableciendo y monitoreando los requerimientos de energía y materiales, soluciones a corto y mediano plazo en la reducción del consumo de tales recursos. Como metodología se empleó el diagrama de SANKEY para visualizar la transferencia de energía y materiales derivados de procesos que representan la dispersión o la pérdida mediante flechas, permitiendo hacer énfasis visual en los flujos de los procesos productivos. Se obtuvo como resultados de la evaluación anual un consumo de energía eléctrica de 35.496 Kw/año, equivalente a la emisión de una tasa de CO₂ de 5,24 toneladas a la atmósfera; 18,43 toneladas/año de residuos de papel y cartón, reutilizando el 7%; un consumo de agua de 608.075 galones/año y residuos de metales sólidos como el aluminio con 10,51 toneladas/año, del cual, el 30 % es reciclado, entre el 65-70% se reutiliza y el 5% va a sumideros externos no controlados; hierro con 25,3 toneladas/año, destinando 16% para reciclaje, 82% en stock y 2% al ambiente. Concluyendo, el metabolismo industrial permitió identificar y evaluar las pérdidas y potencial de conservación y reciclaje de los recursos utilizados en los procesos; las implicaciones ambientales, cuantificar el stock de materiales, respecto al uso, reúso y disposición final; respuesta a la demanda y agotamiento de materiales.

Palabras claves: consumo de recursos; evaluación de procesos; flujo de materiales; reciclaje; reutilización.

Abstract

This research is based on the analysis of material flow and the quantification of flows and stock that are used in a higher education institution, with the objective of evaluating the consumption of resources through consumption flows, establishing and monitoring the requirements. of energy and materials, short and medium term solutions in reducing the consumption of such resources. As a methodology, the SANKEY diagram was used to visualize the transfer of energy and materials derived from processes that represent dispersion or loss through arrows, allowing visual emphasis on the flows of production processes. As results of the annual evaluation, an electrical energy consumption of 35,496 Kw/year was obtained, equivalent to the emission of a CO₂ rate of 5.24 tons into the atmosphere; 18.43 tons/year of paper and cardboard waste, reusing 7%; a water

consumption of 608,075 gallons/year and solid metal waste such as aluminum with 10.51 tons/year, of which 30% is recycled, between 65-70% is reused and 5% goes to external sinks not controlled; iron with 25.3 tons/year, devoting 16% to recycling, 82% in stock and 2% to the environment. Concluding, the industrial metabolism allowed to identify and evaluate the losses and potential of conservation and recycling of the resources used in the processes; the environmental implications, quantifying the stock of materials, regarding use, reuse and final disposal; demand response and material depletion.

Keywords: resource consumption; process evaluation; material flow; recycling; reuse.

Resumo

Esta pesquisa baseia-se na análise de fluxos de materiais e na quantificação de fluxos e estoques que são utilizados em uma instituição de ensino superior, com o objetivo de avaliar o consumo de recursos através dos fluxos de consumo, estabelecendo e monitorando os requisitos de energia e materiais, soluções de curto e médio prazo na redução do consumo desses recursos. Como metodologia, foi utilizado o diagrama SANKEY para visualizar a transferência de energia e materiais derivados de processos que representam dispersão ou perda através de setas, permitindo ênfase visual nos fluxos dos processos produtivos. Como resultados da avaliação anual, obteve-se um consumo de energia elétrica de 35.496 Kw/ano, equivalente à emissão de uma taxa de CO₂ de 5,24 toneladas na atmosfera; 18,43 toneladas/ano de resíduos de papel e papelão, reaproveitando 7%; um consumo de água de 608.075 galões/ano e resíduos metálicos sólidos como o alumínio com 10,51 toneladas/ano, dos quais 30% são reciclados, entre 65-70% são reaproveitados e 5% vão para pias externas não controladas; ferro com 25,3 toneladas/ano, dedicando 16% à reciclagem, 82% ao estoque e 2% ao meio ambiente. Concluindo, o metabolismo industrial permitiu identificar e avaliar as perdas e potencialidades de conservação e reciclagem dos recursos utilizados nos processos; as implicações ambientais, quantificando o estoque de materiais, quanto ao uso, reaproveitamento e disposição final; resposta da demanda e esgotamento de material.

Palavras-chave: consumo de recursos; avaliação de processos; fluxo de materiais; reciclando; reuso.

Introducción

La contaminación del medio ambiente actualmente responde a las diferentes actividades que desarrolla el hombre en los diferentes sectores productivos en donde se desenvuelve, así, en el sector industrial, comercial y doméstico, ha venido explotando los recursos naturales sin un control significativo, lo cual, hoy en día coloca a la humanidad en una situación de alta responsabilidad, precisando necesariamente analizar y re-pensar en el aprovechamiento al máximo de los recursos naturales que se utilizan en los procesos productivos (Cervantes et al., (2009).

Al hacer alusión a la contaminación ambiental, se infiere en una de las actividades que más la genera, como es la industria, en este contexto, muchos investigadores han trabajado en mecanismos que promuevan a controlarla y reducirla de alguna manera, propiciando una relación amigable entre la industria y la naturaleza, dando lugar a una nueva teoría denominada ecología industrial también conocida como metabolismo industrial, primero es necesario hablar de la economía ecológica, pues la primera se desprende de esta, así:

La economía ecológica insiste en la relación entre sistema natural y sistema económico como un sistema conexo donde ambos son interdependientes, contabiliza los ciclos de la materia y los flujos de la energía analizando las discrepancias entre tiempo económico y tiempo biogeoquímico, infiere que el ciclo económico se inicia con la definición y uso de materias primas y se prolonga hasta la generación y manejo de los residuos y desechos-retornos que podrían reincorporarse en parte al ciclo económico (Martínez, 1995).

La economía ecológica traspasa los muros del sistema monetario y los unifica, dando lugar a la ecología industrial como una propuesta surgida a finales de los ochenta, que propende una importante producción bibliográfica, cuyos fundamentos teóricos comprenden diversas áreas del conocimiento como la economía, ingeniería, biología, las cuales aportan información para el funcionamiento empresarial amigable con el medio ambiente (Carrillo, 2009).

Existen varios enfoques teóricos en torno a la ecología industrial, así es definida como un proceso de desmaterialización de la economía por Bunker, Tibbs, Lowe y Schmidt-Bleck (1996); la ecología industrial vista desde el balance de materiales y de energía hasta su reintegración a los ciclos biogeoquímicos y de materiales según Ayres y L. Ayres (Ayres & y Ayres, 2002); la ecología industrial como una estrategia que genera interacciones dentro del sistema industrial en analogía con los sistemas naturales, de acuerdo a Frosch, Gallopoulos, Graedel, Allenby y Ausbel

(1997).

Una definición que resume los elementos de ecológico y analogía biológica es la de White, que refiere a la ecología industrial como “el estudio de los flujos de materiales y energía en las actividades industriales y de consumo, de los efectos de estos flujos en sobre el medio ambiente, y de las influencias de los factores económicos, políticos, normativos y sociales sobre el flujo, el uso y la transformación de los recursos" (White, 1994). La cual puede concretarse en base a los elementos centrales de atención en este campo, tales son: la analogía biológica, el uso de perspectivas sistémicas, el papel del cambio tecnológico, el papel de las empresas, la desmaterialización y la ecoeficiencia, la investigación y la práctica con visión de futuro (Ayres & Ayres, 2002).

En base a lo expuesto, el presente estudio tuvo por objetivo relacionar los procesos productivos con el medio social y natural, mediante el análisis del metabolismo industrial de una institución de educación superior denominada Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías (IST), desde la óptica de los centros de formación tecnológica del Ecuador. (Consejo de Educación Superior, 2011). Esta institución forma profesionales Tecnólogos de tercer nivel, en campos del conocimiento de electromecánica industrial, producción agropecuaria, construcción, tributación, gastronomía, desarrollo infantil, según lo norma el consejo de educación superior (CES, 2019).

Dentro de la formación tecnológica se desarrollan varios procesos productivos que incluyen prácticas técnicas experimentales, que a su vez generan desechos sólidos como parte de los mecanizados que se realizan en talleres de máquinas herramientas, líquidos como aceites, acetonas y pinturas que se originan en actividades de metalmecánica y gases por efecto de procesos de combustión y soldaduras en los sistemas de generación. Se suma también el consumo de energía eléctrica de maquinarias y equipos necesarios para los diversos procesos productivos, tales como computadores, proyectores, compresores, aires acondicionados, entre otros; así también el consumo de agua potable en baterías sanitarias y riego, tanto de plantas ornamentales como frutales, leguminosas, y otras producidas por la carrera de agropecuaria, ocasionando aguas residuales; además, el factor humano que labora y se educa en la institución es consumidor de recursos e insumos que por consiguiente derivan en desechos de alimentos, papeles, cartones, vidrio; por lo cual se precisa determinar el metabolismo industrial del IST y contribuir con esta acción a la gestión ambiental.

Metodología

El análisis del metabolismo industrial se realizó en el Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, localizado en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, en las coordenadas geográficas son 1° 3' 16.49" de latitud sur y 80° 27' 16.02" de longitud oeste (Latitud, 2022).

El periodo de análisis comprendió desde abril de 2019- marzo de 2020, considerando la identificación de los flujos principales de entrada, stocks y de salida por medio de muestreos de campo para el análisis del metabolismo; obteniendo la cuantificación de los flujos derivados de los procesos, a través de equipos de instrumentación como caudalímetro, pinza amperimétrica y balanzas digitales.

En la figura 1 se visualiza la descripción metabólica del IST.

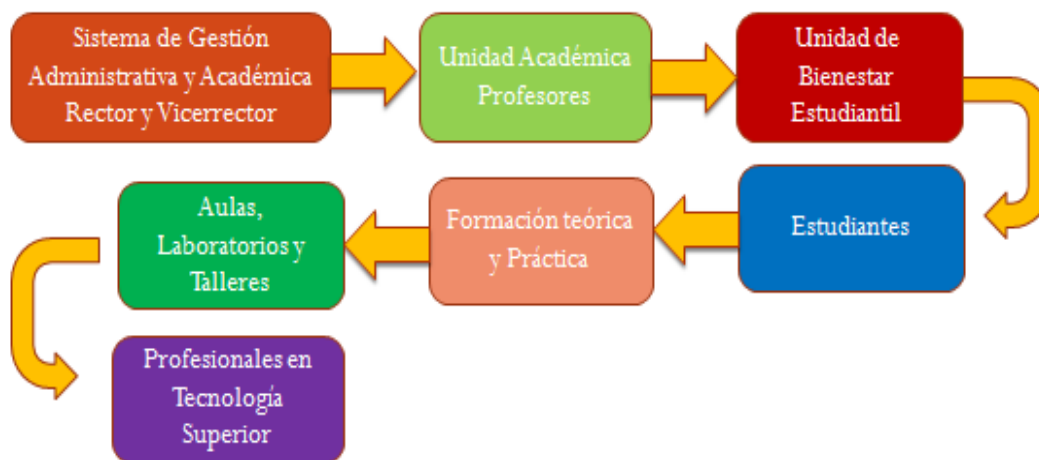


Figura 1. Descripción metabólica de la institución
Fuente: Autores

En función al metabolismo del IST se procedió a identificar los flujos de entrada de los recursos agua, energía eléctrica, y de diferentes insumos como papel, refrigerantes, aceites, pinturas, abonos, diluyentes, polímeros y fertilizantes (Ulloa, 2022). En la figura 2 se aprecia la identificación de flujos por proceso.

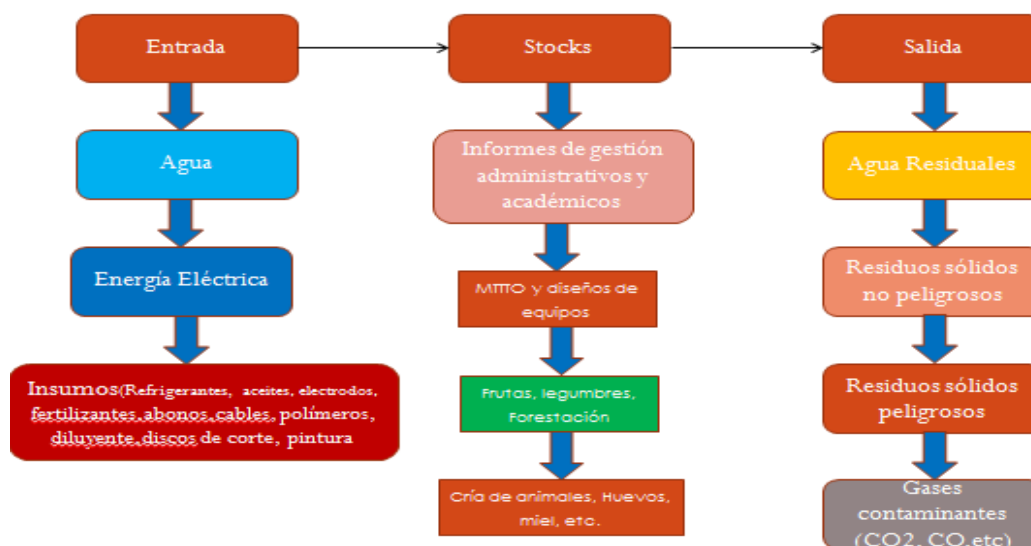


Figura 2. Identificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida.

Fuente: Autores

A partir de la identificación de los flujos que se requiere o son consumidos en los diferentes procesos del IST, se procedió a cuantificar y obtener la parametrización enfocada en tres puntos de análisis: el agua, energía eléctrica y papel/cartón, materiales sólidos como el aluminio y el hierro a través de la toma de datos con instrumentos electrónicos de alta confiabilidad, cuyas características se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los instrumentos de medición

Instrumento de medición	de	Marca / modelo	Características técnicas
Pinza amperimétrica		FLUKE 376 FC	-Medición de corriente de CA y CC de 1000 A flexible -Verdadero valor eficaz de voltaje y corriente para obtener mediciones exactas en señales no lineales -Medición de frecuencia hasta 500 Hz con mordaza y tecnología iFlex -Rango de medida de 500 mV CC para la conexión con otros accesorios.
Sensores de Caudal de agua		YF S401	-Presión Máx.: 1,75MPa. -Caudal de trabajo: 0,3 l/m a 6l/m. -Rango de humedad de funcionamiento: 35% - 90% RH -Diámetro de los conectores: 7mm aprox. -Temperatura de funcionamiento: -25°C a +80°C.
Balanza		Camry CAM-TCS300ZE21	-Pantalla LED - Capacidad: 300Kg - 660Lb - División: 100G

Fuente: Autores

Como parte de la representación gráfica de flujos y sus cantidades en proporción entre varios recursos y energía utilizados dentro de los procesos del IST, se aplicó el método de diagrama de Sankey que permitió mostrar las magnitudes de materiales utilizados y la transferencia de energía, entre mayor fuera el ancho es mayor la cuantificación.

Resultados

Por medio de varias tomas de muestreo a razón variable durante el periodo de 1 año en los diferentes flujos se presenta la cuantificación de los residuos de papel y cartón, materiales sólidos en la categoría de metales y el consumo energético, en las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de los residuos de papel y cartón.

Residuos de papel (limpieza) (Kg)	Semanas	Meses	Residuos de papel (Administración y académico) (Kg)	Residuos de papel (limpieza) (Kg)x año	Residuos de papel anual (Administración y académico) (Kg)
5,2	4	12	9,1	62,4	
4,6	4	12	7	55,2	
5	4	12	8	60	
4,5	4	12	8,1	54	
3,5	4	12	6,2	42	
22,8			38,4	1094,4	1843,2

Fuente: Autores

Puede observarse en la tabla 2, que la mayor cuantificación de residuos anuales correspondió al área administrativa y académica del IST.

Tabla 3. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de agua.

Residuos de papel (limpieza) (Kg)	Semanas	Meses	Residuos de papel (Administración y académico) (Kg)	Consumo de agua (Gal.)	Consumo Total de agua (Gal.) por año
5,2	4	12	9,1	2645,5	
4,6	4	12	7	2350	
5	4	12	8	3013	
4,5	4	12	8,1	2650	
3,5	4	12	6,2	2450	
22,8			38,4	13108,5	608.075

Fuente: Autores

En cuanto a los flujos de entrada, stocks y de salida de agua, el mayor consumo se generó también en las áreas académica y administrativa.

Tabla 4. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de metales sólidos

Peso por metal Aluminio (Kg)	Número de estudiantes	Consumo de metales Aluminio (Kg)	Consumo total de metales Aluminio (Kg)	Peso de Hierro (kg)	Número de estudiantes	Consumo de metales hierro (Kg)	Consumo total de hierro (Kg)
0,5	80	40		1,2	80	96	
0,5	100	50	90% del total se recicla 10 % al ambiente	1,2	100	120	90% del total se recicla 10 % al ambiente
0,5	80	40		1,2	80	96	
0,5	100	50		1,2	100	120	
0,5	80	40		1,2	80	96	
	440	220			440	528	25344

Fuente: Autores

Los flujos principales de entrada, stocks y salida de metales sólidos recayeron en los residuos de hierro, empleado en los talleres de metalmecánica del IST.

Tabla 5. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de energía eléctrica

Energía eléctrica a entrada	Consumo anual de energía (Kw)	Departamento de Administración y académico-oficinas, laboratorio (30%)	Taller de refrigeración y sistemas de enfriamiento (15%)	Taller de Metalmecánica/fundición (15%)	Taller de electricidad (15%)	Finca Agrícola (5%)	Finca Pecuaria (5%)
	35496	12528	6264	6264	6264	2088	2088

Fuente: Autores

Con relación a los flujos principales de entrada, stocks y de salida de energía eléctrica se cuantificó el mayor consumo en el taller de metalmecánica, debido a las diversas actividades prácticas que se desarrollan con los estudiantes del IST.

En cuanto al análisis de los flujos de los recursos respecto al metabolismo industrial del IST, se aplicó el diagrama de Sankey, que facilita la visualización de los flujos y sus cantidades en proporción entre sí. El ancho de las líneas que se aprecia se utiliza para referenciar las

magnitudes de los recursos utilizados en sus procesos, es decir cuanto mayor sea la flecha, mayor es la cantidad de flujo, tanto la transferencia de energía, consumo de agua y materiales inmerso en el sistema (Cabello, 2014).

En las figuras 3, 4 y 5 se presenta el flujograma por proceso del consumo de agua, energía eléctrica y materiales sólidos en la categoría de metales.

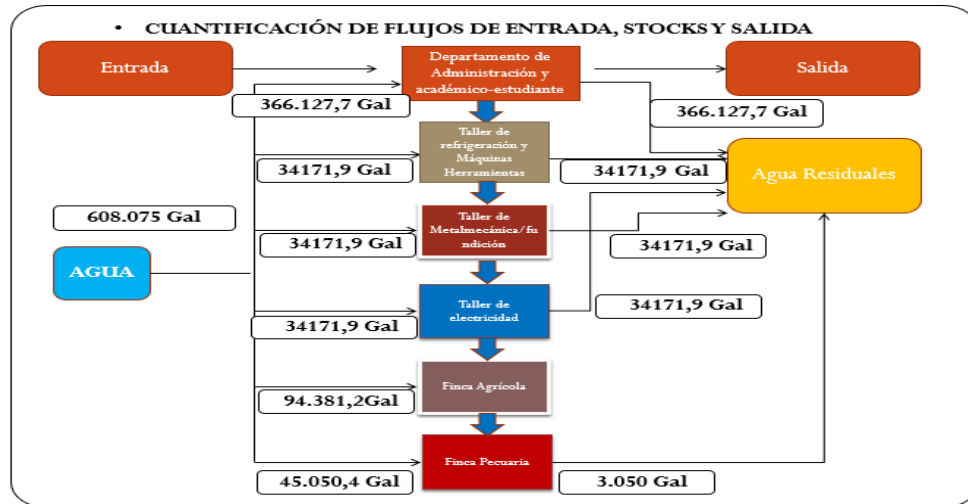


Figura 3. Cuantificación de entrada, stock y salida del agua
Fuente: Autores

Puede apreciarse en la figura 3, el mayor consumo de agua en el área administrativa y académica del IST.

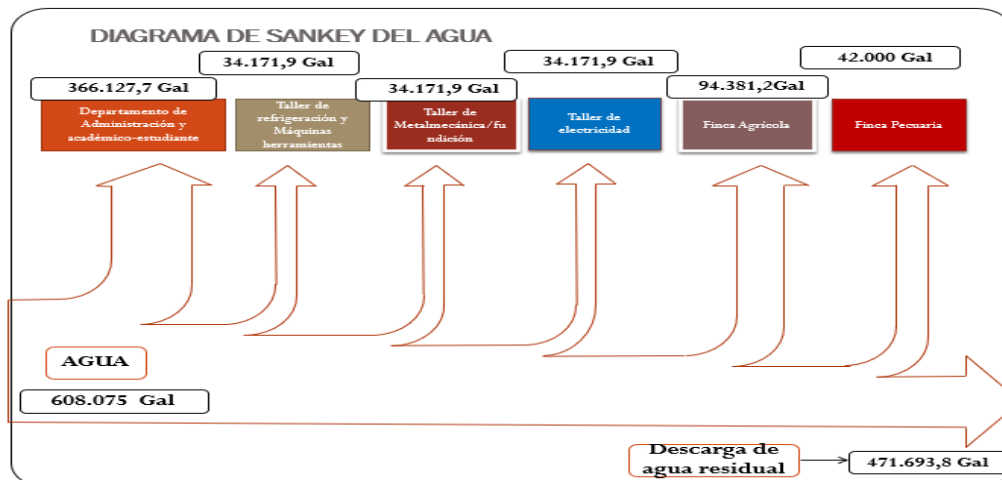


Figura 4. Diagrama de Sankey representando el consumo del agua
Fuente: Autores

La figura 4 permite observar que el consumo de agua es mayor de 600 mil galones y de la cual la descarga residual es inferior a los 500 mil galones de agua.

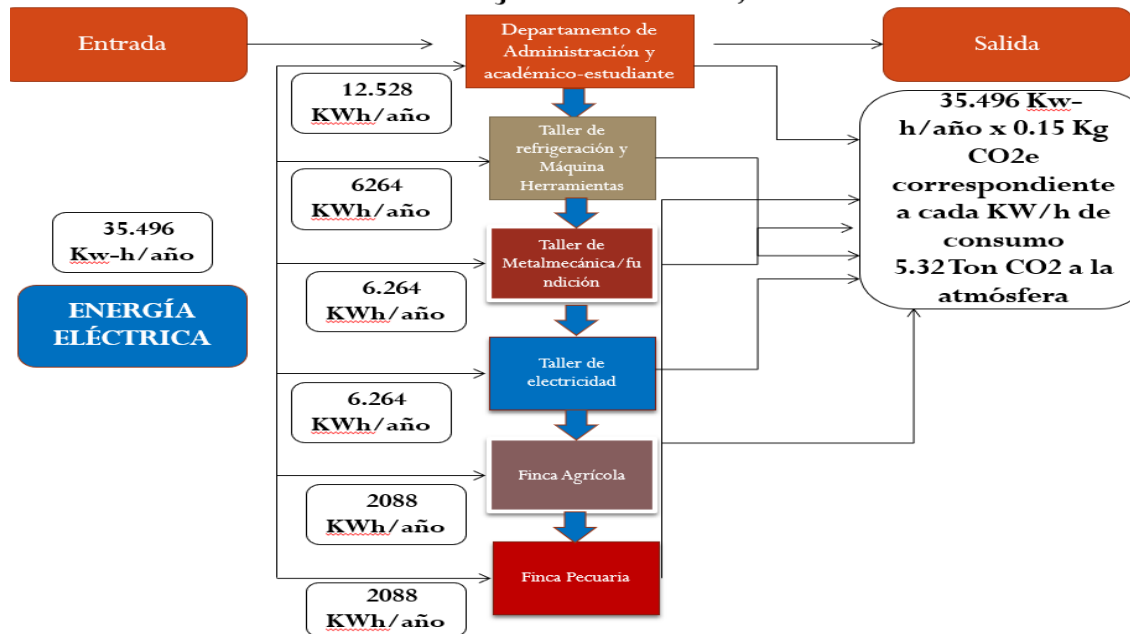


Figura 5. Cuantificación de entrada, stock y salida de la energía eléctrica
Fuente: Autores

En la figura 5 se observa un consumo de 35.496 Kwh/año multiplicados por 0.15Kg de CO₂ que genera el consumo de 1Kwh, ocasiona una emisión de 5.32 Ton de CO₂ a la atmósfera.

Por otra parte, a partir de la cuantificación de los recursos utilizados en los procesos productivos comprendidos en el componente práctico como parte de la formación tecnológica, se representa en diagramas de SANKEY tanto en las figuras 6, 7 y 8.

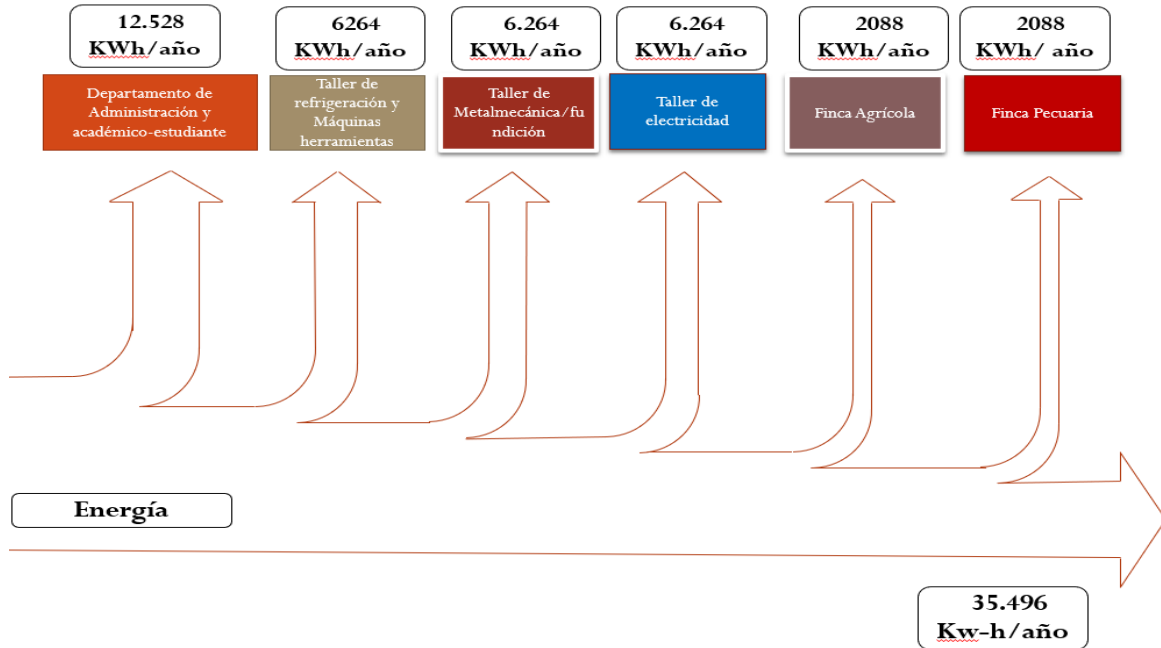


Figura 6. Diagrama de Sankey representando el consumo de energía eléctrica
Fuente: Autores

Del total de energía eléctrica consumida en el IST, se puede observar que el mayor consumo corresponde al área administrativa académica con 12.528 KW/h anuales.

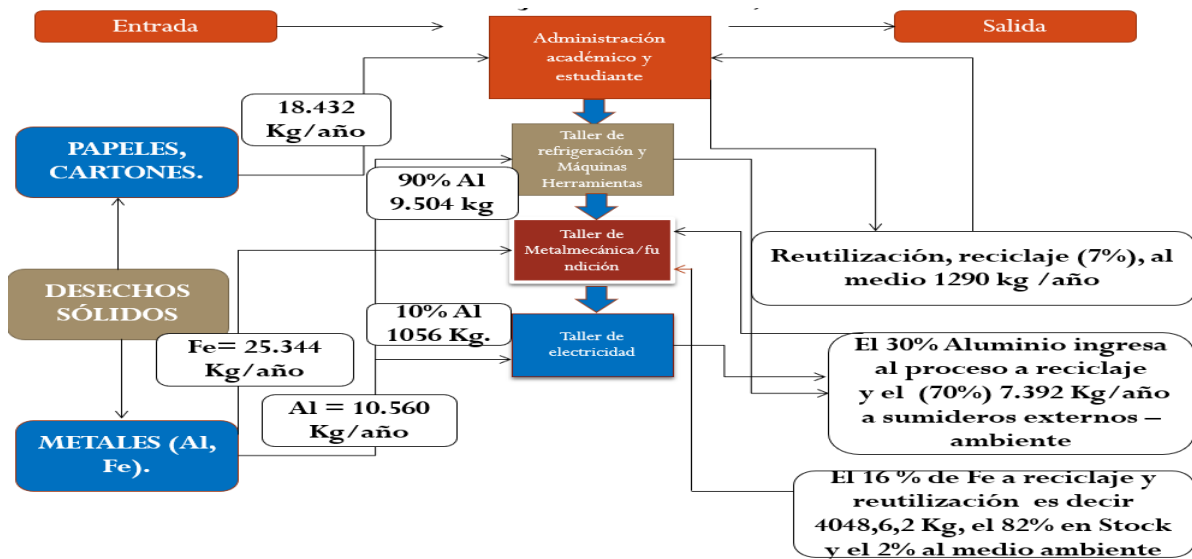


Figura 7. Cuantificación de entrada, stock y salida de metales sólidos, cartón y papel
Fuente: Autores

Se tiene en la figura 7, como salida de metales sólidos, el 7% para reutilización y reciclaje, el 30% del aluminio va para reciclaje y el 70% a sumideros externos y al medio ambiente. El 16% del hierro se recicla, mientras que el 82% se mantiene en stock y el 2% se arroja al ambiente.

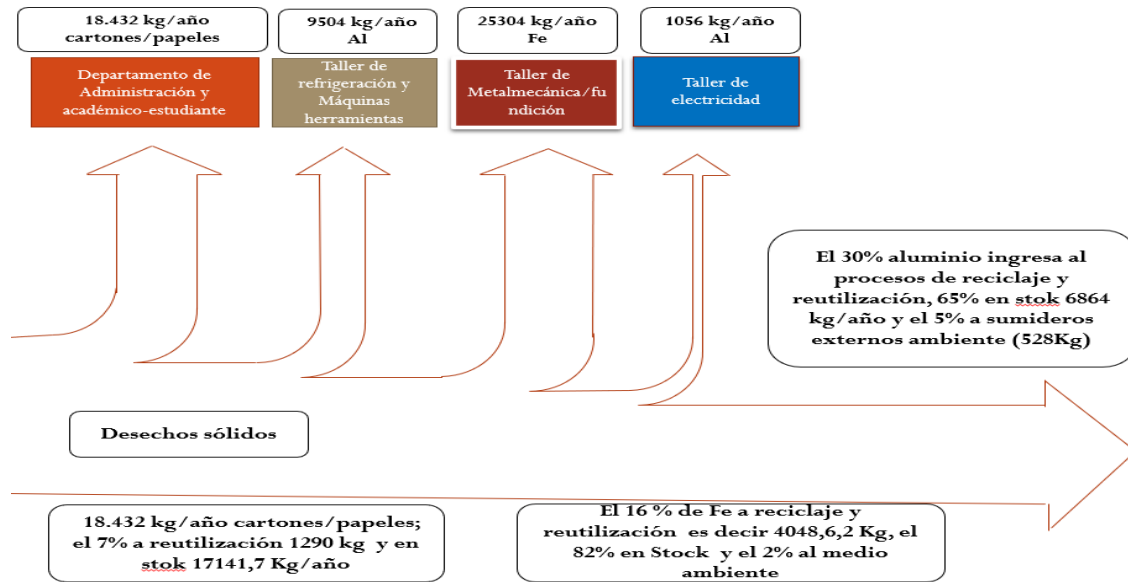


Figura 8. Diagrama de Sankey representando el consumo de materiales sólidos
Fuente: Autores

En cuanto a los desechos sólidos representados en la figura 8, el 30% del aluminio se recicla y reutiliza, el 68% se mantiene en stock y el 2% se destina a sumideros de basura. De los 18432 kg/año consumidos de papel y cartón, el 7% se reutiliza y se mantiene en stock el 93%. El 16% de hierro se recicla, el 2% va al medio ambiente en sumideros y el 82% se mantiene en stock.

Discusión

De acuerdo a Naredo (2003), las economías industrializadas se están haciendo más eficientes en el uso de materiales, pero la generación de desechos continúa en crecimiento debido a que al crecimiento económico global. Esta misma apreciación se tiene, luego de haber tomado como caso una institución de educación superior, cuyo consumo mayor se centra en recursos básicos como la energía eléctrica y el agua potable; en el caso del agua no siendo reutilizada para otros

procesos como el regadío de los huertos agrícolas del IST, así se pudo observar que el porcentaje de reutilización de otros desechos como papel y cartón es relativamente bajo y no supera el 30%. Como resultado del estudio de Valero (2011), se tuvo que de la mitad a tres cuartos de la entrada de recursos anual a las economías industrializadas se retornan al ambiente como desechos dentro de un año. Así también, de acuerdo a Pereira (2011), la extracción y uso de recursos de energéticos fósiles domina los flujos de salida de países industrializados.

Aunque Ecuador no es un país industrializado, y Portoviejo no es un distrito metropolitano, el botadero municipal que es el lugar destinado a albergar todos los desechos del cantón Portoviejo, es una fuente generadora de altos niveles de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero; la cual no tiene un manejo conforme a los principios de la economía ecológica y ecología industrial por parte del gobierno seccional. Empero, tampoco existe una planificación a corto plazo que promueva el uso de energías alternativas como la solar fotovoltaica en instituciones educativas como la estudiada, para propender a la eficiencia energética y reducción de recursos que son desechados al medio ambiente, una vez utilizados.

En promedio, 10 ton de materiales per cápita se agregan cada año a los stocks domésticos en países industrializados, primordialmente en edificios e infraestructura (Carrillo, La ecología industrial en México, 2013). En este estudio puntual se obtuvo un promedio del 2% de residuos de metales como hierro y aluminio que se desechan al medio ambiente sin ningún control o disposición para ser reutilizado o reciclado y no se afecte al entorno natural del IST. Teniendo en consideración que esta carga residual de metales anualmente, se suma a los desechos de toda la ciudad de Portoviejo, generando altos niveles de CO₂ a la atmósfera, calculados en 5.32 Ton de CO₂ por consumo de energía fósil.

Conclusiones

El diagnóstico del metabolismo industrial en el Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías determinó niveles altos en los diferentes recursos inherentes a la energía eléctrica, agua potable, y materiales que se consumen a lo largo de la fase productiva y administrativa en base a la instrumentación aplicada in situ.

La selección del método de Sankey facilitó la organización y cuantificación gráfica acorde a la intensidad del uso de los mencionados recursos, facilitando la formulación e implementación de estrategias de mejora y de reducción de la contaminación ambiental.

Referente al análisis de la cuantificación de entrada, stock y salida se puede apreciar que el consumo del papel, y la energía es de alta intensidad en la etapa del uso, requiriendo acciones inmediatas como el uso de recursos digitales para la información y el uso de la energía únicamente necesaria para el funcionamiento de las máquinas y equipos en el IST, en este sentido la incorporación de sistemas de control y variadores de frecuencia para un arranque suave y progresivo en función a lo requerido; de esta manera bajar el consumo y la tasa de CO₂ emanada hacia la atmósfera.

Aunque los desechos generados en el IST no son alarmantes dado su tamaño (capacidad de producción), es preciso considerar acciones inmediatas para su manejo, particularmente para reducir el consumo de energía eléctrica y agua potable, empleando tecnologías alternativas, con lo cual, se requiere realizar una gestión eficiente para la consecución de los recursos necesarios para su implementación.

Referencias

1. Ayres, R., y Ayres, L. (2002). *A Handbook of Industrial Ecology*. Reino Unido: Edward Elgar Publishing Limited.
http://pustaka.unp.ac.id/file/abstrak_kki/EBOOKS/A%20Handbook%20of%20Industrial%20Ecology.pdf
2. Bunker, S. (1996). Materias primas y economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industrial. *Revista Ecología Política*, 12(1), 12-25.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1080392&pid=S0187-5795200900010000900016&lng=es
3. Cabello, D. (2014). *Ecología industrial; y la sinergia entre empresas*. Universidad Nacional Autónoma de México: Mexico DF.
4. Carrillo, G. (2009). Una revisión de los principios de la ecología industrial. *Argumentos (Méx.)*, 22(59), 247-265.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952009000100009#c2
5. Carrillo, G. (2013). *La ecología industrial en México*. México D.F: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, 2013, 1a. edición.

6. Cervantes, G., Sosa, R., Rodríguez, G., y Robles, F. (2009). Ecología Industrial y desarrollo Sostenible. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-1, pp. 63-70, ISSN: 1665529X, 8. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46713055007.pdf>
7. CES. (2019). *Reglamento de Régimen Académico*. 2019: Consejo de Educación Superior.
8. Consejo de Educación Superior. (2011). *Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
9. Naredo, J. (2003). *La Ecología Industrial*. Economía Industrial N° 351.
10. Latitud. (12 de abril de 2022). *Latitud y longitud*. Coordenadas de Portoviejo: <https://www.longitudylatitud.com/ecuador/coordenadas-geograficas-portoviejo-ec/>
11. Martínez, A. (1995). *Los principios de la Economía Ecológica*. Madrid: Fundación Argentaria y Visor Distribuidor.
12. Pereira, A. (2011). *La sociedad industrial y sus impactos ambientales*. Senac.
13. Ulloa, M. (24 de 04 de 2022). *Ecología industrial, importancia y desafíos*. <http://www.usat.edu.pe/articulos/ecologia-industrial-importancia-y-desafios/>
14. Valero, A. (2011). *Ecología Industrial Cerrando el Ciclo de Materiales*. Zaragoza - España: Prensas Universitarias de Zaragoza.
15. White, R. (1994). *The Greening of Industrial Ecosystems*. Washington, DC: National Academy Press.