

ECO DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

Data de aceite: 05/03/2023

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

Telly Yarita Macías Zambrano
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

German Temistocles Ramos León
<https://orcid.org/0000-0002-9904-6484>

Eder Israel Chinga Muentes
<https://orcid.org/0000-0002-8708-7297>

Fabián Enrique Lozada Almendariz
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

José Elías Solórzano Giler
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

ECO-DESIGN OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM DECREASE IN CARBON FOOTPRINT

RESUMEN: El uso apropiado de la energía es vital para el desarrollo sostenible de la sociedad en las diferentes áreas productivas como el sector industrial, comercial y doméstico, en este sentido las máquinas deben utilizar materiales adecuados tendientes a reducir la contaminación de

fuentes de agua y suelo, emisión de dióxido de carbono a la atmósfera por efecto del consumo energético. En este contexto, el objetivo del estudio se centró en diseñar un sistema de aire acondicionado basado en la huella de carbono; se aplicó como metodología el análisis de ciclo de vida (ACV) y eco diseños permitiendo identificar la categorización del contaminante y su nivel de impacto ambiental, desde la extracción de recursos, fabricación, distribución, uso y disposición final. Se logró evaluar el impacto ambiental referente a la unidad funcional de un sistema de aire acondicionado tipo split de 12000 BTU de capacidad de enfriamiento, obteniendo como resultado la huella de carbono con una cuantificación de dióxido de carbono anual de 722,8 toneladas de dióxido de carbono (CO₂), representando significativamente el uso intensivo del sistema y por otra parte la energía requerida para el proceso de manufactura del gas refrigerante hidrofluorocarburos (HFC) R410 A. En este sentido, se concluye que la categoría de impacto ambiental relacionado con los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono CO₂ es de tipo D, por su alto consumo energético, ocasionando

calentamiento global, por tanto una de las estrategias prioritarias es la modificación de materiales de diseño que permitan reducir los impactos ambientales.

PALABRAS CLAVES: ciclo de vida, dióxido de carbono, estrategias, sostenibilidad, unidad funcional.

1 | INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la (ONU, 2021), la población a nivel mundial va en ascenso, en los próximos 30 años se proyecta en 9.700 millones, lo que hace vital el desarrollo sostenible de los productos de primera necesidad del hombre, con el objetivo de garantizar los recursos del presente y del futuro para las siguientes generaciones. Para el logro de estos resultados es necesario el análisis de ciclo de vida (Ramírez, et al., (2018) y mejorar los diseños actuales para reducir los impactos ambientales tanto en la fase de fabricación como en el uso los productos, factores indispensables para la reducción de la contaminación que afecta al mundo global ocasionando el cambio climático (FAO, 2019).

Ante lo citado, la humanidad se encuentra en tiempos decisivos para poder afrontar desafíos como el cambio climático, teniendo como referencias las diversas transformaciones que se están dando en diferentes puntos del planeta, las que van desde el aumento del nivel del mar hasta cambios en la producción alimentaria; debido a los procesos de industrialización, agricultura y deforestación a gran escala, que consecuentemente también, ha llevado a generar el aumento de niveles de gases de efecto invernadero en los últimos años. (Organización de las Naciones Unidas, 2021). En este contexto las emisiones de CO₂ acumuladas determinarán en gran medida el calentamiento medio global en la superficie a finales del siglo XXI y posteriormente (véase la figura RRP.10). La mayoría de los aspectos del cambio climático perdurarán durante muchos siglos, incluso aunque pararan eventualmente las emisiones de CO₂, lo que supone una notable inexorabilidad del cambio climático durante varios siglos, debido a las emisiones de CO₂ pasadas, presentes y futuras (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2013).

Ante este escenario, el análisis de ciclo de vida, según la normativa ISO 14040 (INEN, 2014) responde como parte de un método que permite evaluar las cargas ambientales desde su fabricación, uso y fin de ciclo, es decir integrando la materia prima de extracción, la producción, embalaje, distribución, el uso y la disposición final del producto o servicio; y concluir con estrategias de mejoras de los productos.

Importancia de estudios de eco diseños de aire acondicionado

En las regiones Costa y Oriente del Ecuador se registran altas temperaturas y humedad, sobre todo en época invernal (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2021), lo cual ocasiona un confort térmico inadecuado, (Instituto Ecuatoriano de Seguridad

Social, 1986); efecto que no solamente tiene un impacto en el entorno laboral, sino que también ejerce influencia en la salud del trabajador, sobre todo, cuando a nivel empresarial, el concepto de buen ambiente laboral es una tendencia que va cobrando importancia para procurar la salud de los trabajadores e incrementar la productividad, según el estudio realizado por la (Social Market Foundation, 2021) y la (Universidad de Warwick, 2021), que revela la forma en que los espacios apropiados motivan un buen clima de trabajo entre los colaboradores.

En ese sentido, los sistemas de climatización en la empresa son fundamentales, muchos de los cuales utilizan equipos de aire acondicionado con capacidades variables de enfriamiento para satisfacer las necesidades de confort laboral; entre los más utilizados están los de capacidad de 12000, 18000 y 24000 BTU tanto en el sector doméstico, comercial y también para ciertas áreas de la industria como los departamentos administrativos. Todos estos equipos tienen un consumo energético, que va ligado a la tasa de emisión de dióxido de carbono, de lo cual parte el concepto de ecodiseño, el cual tiene una implicación directa sobre los productos debido a su relación entre el sector social, económico y ecológico a lo largo del ciclo de vida, sobre todo cuando ejercen impactos ambientales tales como las emisiones de gases de efecto invernadero, el humo o eutroficación del agua; razones por las cuales es indispensable un análisis del ciclo de vida del producto, permitiendo optimizar el producto y consecuentemente reducir el impacto negativo del sistema de aire acondicionado en el medio ambiente y a la economía empresarial y de la sociedad (Malagón, 2011).

Es importante además considerar que, los estudios de análisis de impactos ambientales para productos de sistemas de aire acondicionado son muy pocos, por lo que los autores no pudieron comparar y evaluar el impacto medio ambiental que pueden generar de acuerdo a las categorías como cambio climático, agotamiento de ozono, toxicidad humana, eco toxicidad, radiación ionizante, formación de ozono fotoquímico, eutrofización, acidificación y agotamiento de suelo. En tal virtud, el objetivo del estudio se enmarcó en diseñar un sistema de aire acondicionado tipo split de 12000 BTU considerando la huella de carbono del producto, en el marco de la categoría de calentamiento global por efecto del dióxido de carbono (CO₂) (USEPA, 2006).

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó el enfoque de análisis del impacto ambiental a base del ciclo de vida «De la cuna a la cuna» en la fabricación y uso de los sistemas de aire acondicionado tipo split de capacidad de 12000 BTU de enfriamiento (Avadi et al., (2015) considerando la

materia prima, manufactura, distribución, uso y fin de ciclo del producto. Ante lo expuesto el ciclo de vida permitió identificar y cuantificar la energía y los materiales empleados para el desarrollo del producto, en este contexto determinar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas y que inciden al cambio climático y al calentamiento global. En la figura 1 se presenta el flujograma de mejoramiento del producto respecto al impacto ambiental considerado.

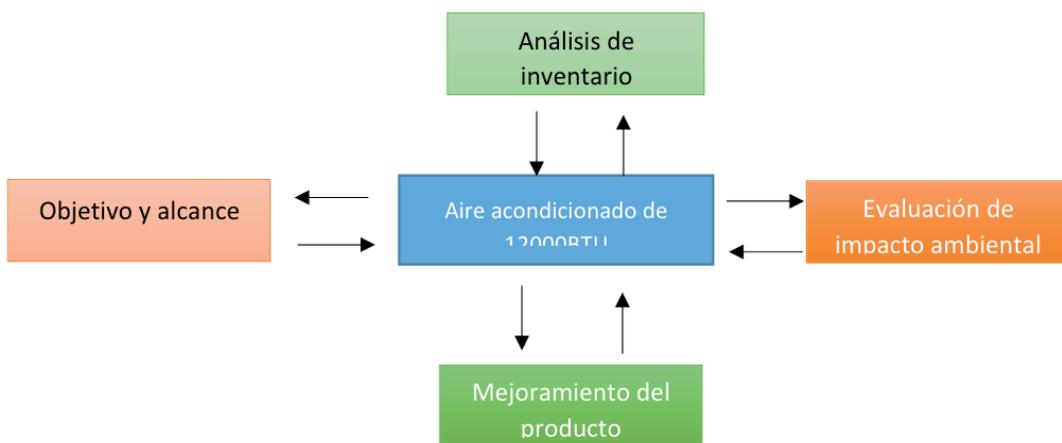


Figura 1. Flujograma de mejoramiento del producto

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación del impacto ambiental del producto del aire acondicionado tipo split de 12000 BTU, se ha considerado específicamente la energía necesaria en Kilovatios (kW) de los diferentes componentes del sistema y su caracterización, acorde a la categoría del impacto ambiental de los diferentes componentes como el compresor, evaporador, condensador, motor de ventilador, plásticos (polietileno), cañerías de cobre, material de empaque, entre otros. Así mismo se considera el consumo de combustibles por distancia (km) desde China a Guayaquil por medio de un barco contenedor y desde Guayaquil a la planta de ensamblaje mediante camiones que transportan los componentes del sistema de enfriamiento marca Chigo CS12-ACR-UE.

Por otra parte, en el uso del producto se considera la frecuencia de uso, así como también la energía requerida durante la operación del sistema y tomando en consideración que el fin de ciclo del producto, no cuenta con una correcta disposición final, existiría la probabilidad de un impacto ambiental.

Como fuente de información primaria se contó con personal técnico en el área de climatización, así como de proveedores de los sistemas inmersos a los procesos de

fabricación y distribución de componentes de aires acondicionados, y por otra parte, como fuentes de información secundaria se emplearon datos de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por cada kW de energía utilizada y combustible consumido; acogiendo las directrices del IPCC (Inventories, 2006).

Para la evaluación de impacto ambiental del producto se aplicó el software Ecodesign PILOT cuyo objetivo es proporcionar herramientas de mejora en el desempeño ambiental del producto relacionado al ciclo de vida, facilitando la formulación de estrategias de mejora en la fase de producción y uso (Ecodesign pilot corporation, 2020). Ante lo citado el programa de ecodiseño permite determinar la intensidad del impacto ambiental ocasionado por el producto, así mismo, facilita integrar acciones de mejora (ONU, 2021).

La evaluación de impacto ambiental del producto aire acondicionado tipo split 12000 BTU comprendió dos partes: caracterización y clasificación, en este sentido se tiene el impacto de emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂ y la caracterización por recursos utilizados por categorías a evaluar su impacto, así mismo su caracterización estará clasificada en función a las categorías consideradas por su relevancia de contaminación. En la tabla 1 se muestra la unidad funcional del sistema de aire acondicionado y los materiales como parte de la materia prima necesaria para la fabricación de los componentes del sistema, la masa y su clasificación en función al nivel de categorización en contaminación.

Nombre	Tiempo de vida	Unidad funcional	Marca / modelo	Uso	Clasificación
Aire acondicionado	10 años	12 0000 BTU	Chigo CS12-ACR-UE	365 días por año	Tipo básico D
Partes del producto	Masa (kg)	Material		Categoría	
Compresor	18	Hierro		IV	
Condensador	4.5	Aluminio		VI	
Evaporador	4.5	Aluminio		VI	
Motor ventilador	3.5	Aluminio		VI	
Tarjeta electrónica	0.5	Poliestireno y resina epóxica		V	
Plásticos varios	4.5	Poliestireno		IV	
Cañerías	0.3	Cobre		VI	
Gas refrigerante	1.1	R4-10 ^a		III	
Partes del paquete	Masa (kg)	Material		Categoría	
Empaque 1	1,05	Chapa de acero		IV	
Empaque 2	0,15	Poliestireno expandido		IV	
Empaque 3	0,5	cartón		III	

Tabla 1. Descripción y componentes de fabricación del producto

Fuente: Ecodiseño PILOT

Por otra parte, en la tabla (2) se presenta la energía necesaria para la producción de manufactura de los componentes del sistema, también se considera el volumen de producción, el porcentaje de partes externas y su distancia de donde provienen; la distribución del producto respecto a la transportación marítima, terrestre y el tipo de empaque referente al producto, Así mismo la frecuencia de uso, el consumo energético por hora y el uso inadecuado de la funcionalidad del segmento.

Entrada de energía			
Energía eléctrica	204,77 kWh	Gastos generales de energía: Energía para calefacción, iluminación... en adición al proceso de energía	Moderada 100%
Materiales		Reciclaje parcial de materiales	
Volumen de producción (unidad/ piezas por año)		10-10000	
Entrada de materiales auxiliares y de procesos peligrosos para el medio ambiente por unidad producida		Bastante más	
Porcentaje de partes externas		10-30%	
Distancia de transportación para partes externas por unidad		Larga	
Promedio de transportación por distribución de producto Medio de transportación		Distancia de transportación (km)	
Barco contenedor		16213	
Camión		169.5	
Camioneta		382,5	
Tipo de embalaje		Embalaje desechable	
Frecuencia de uso		305 usos por año	
Consumo de energía eléctrica por uso (del tomacorriente)		2,17 kWh	
El producto es potencialmente peligroso para el medio ambiente ante una disposición final inadecuada o en el caso de daño.		Probable	

Tabla 2. Proceso de manufactura, distribución y uso del producto

Fuente: Ecodiseño PILOT

En la siguiente tabla (3) se especifica el fin de ciclo y su disposición final de los materiales, siendo muchos reciclados, reutilizados y otros desechos peligrosos.

Partes del producto	Masa (kg)	Material	Disposición
Compresor	18	Hierro	Reciclaje
Condensador	4,5	Aluminio	Reciclaje
Evaporador	4,5	Aluminio	Reciclaje
Motor ventilador	3,5	Aluminio	Reciclaje
Tarjeta electrónica	0,5	Poliestireno y resina epóxica	Desperdicio peligroso
Plásticos varios	4,5	Polietileno	Desperdicio peligroso
Cañerías	0,3	Cobre	Reúso
Gas refrigerante	1,1	R410A	Desperdicio peligroso
Partes del embalaje	Masa (kg)	material	Disposición
Empaque 1	1,05	Chapa de acero	Reciclaje
Empaque 2	0,15	Poliestireno expandido	Desperdicio peligroso
Empaque 3	0,5	Cartón	Reciclaje

Tabla 3. Fin de ciclo de vida del producto

Fuente: Ecodiseño PILOT

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizado el análisis de ciclo de vida de la cuna a la cuna, se generaron estrategias a seguir para la optimización de la fabricación, funcionalidad y la disposición final del producto, así, como estrategias de alta prioridad se debe garantizar el desempeño de la seguridad ambiental y reducir el consumo en la etapa de uso; estrategias adicionales como la optimización de la funcionalidad del producto, mejorando el mantenimiento; y además, estrategias a futuro como la optimización del tipo y la cantidad de materiales de proceso y la adquisición ecológica de componentes externos.

Los resultados del cálculo de la huella de carbono referente al producto del sistema de aire acondicionado tipo split de 12000 BTU convencional, se observan en la tabla 4.

Componentes	Materiales	Peso(Kg)	Peso total por producción anual (Kg.)	Peso total por producción anual (Ton.)	Kg CO ₂ e, por cada tonelada de materiales	Kg CO ₂ e, por cada tonelada producida (4500 Unid.)	Ton. CO ₂ e, x Ton. producida (4500 Unid.)
Condensador	Aluminio	4,5	20250	20,25	12870,64	260630,387	260,63
Evaporador	Aluminio	4,5	20250	20,25	12870,64	260630,387	260,63
Motor ventilador	Aluminio	3,5	15750	15,75	12870,64	202712,523	202,71
Compresor	Hierro	18	81000	81	4302,56	348507,206	348,51
Tarjeta electrónica	Poliestireno	0,5	2250	2,25	3779,00	8502,750	8,50
	Fibra	0,5	2250	2,25	895,00	2013,750	2,01
Caracasa de unidad interior	Polietileno HD	4,5	20250	20,25	3177,38	64341,900	64,34
Carcasa de unidad exterior	Chapa de acero	1,05	4725	4,725	3000,64	14178,007	14,18
Empaque1	EPS	0,15	675	0,675	3779,00	2550,825	2,55
Empaque 2	Cartón	0,5	2250	2,25	842,58	1895,797	1,90
Gas refrigerante	R410 A	1,1	4950	4,95	2088000,00	10335600	10335,60
Total		38,8	174600	174,6	2146388,06	11501563,53	11501,56

Tabla 4. Emisiones de CO₂ producido por equipo

Considerando la fabricación, la distribución y el uso de los componentes del producto aire acondicionado, se pudo cuantificar las emisiones del dióxido de carbono CO₂, teniendo que el gas refrigerante presenta la mayor huella de carbono (10335,60 Ton CO₂) equivalente por tonelada producida (4500 unidades).

En cuanto a las emisiones de CO₂ por transporte marítimo, por transporte terrestre en Truck, terrestre en distribución y por el equipo en operación, la tabla (5) las detalla.

Transporte marítimo										
Componentes del sistema de aire acondicionado	Distancia Ecuador – China	Equivalencia de la milla por cada Km	Carga máxima (TEUS)	Componentes del sistema de aire acondicionado	Factor de emisión del diésel Kg CO ₂ (Container ship 1000–1999 TEU)	# de viajes anual	Emisión Anual de CO ₂ eq. por total de la producción-			
12000 BTU	Km	Equivalencia de la milla por cada Km	TEU	Ton.	Tonne.km	1	Kg CO3		Ton CO2	
	16213	0,62	1080	174,6	0,032547		92133715,62		92133,72	
Transporte terrestre										
Componentes del sistema de aire acondicionado	Distancia de Guayaquil – Cuenca	# de Viajes	Peso total por producción del sistema	Carga máxima (motor 404 HP)	Factor de emisión Kg CO ₂ e	Emisión Anual de CO ₂ por transporte				
12000 BTU 169	Km		Ton	Kg	Ton. Km	Kg		Ton CO2		
	174,6	7	24000	0,07621	15741312,68	15741,31				
Transporte terrestre en distribución										
Componentes del sistema de aire acondicionado	# de viajes	Distancia a nivel nacional	Peso total por producción del sistema	Capacidad de Carga máxima	Factor de emisión Class III (mayor a 3.5 tonnes a 17 Ton.)	Emisión Anual de CO ₂ por transporte del sistema				
12000 BTU		Km	Ton	Kg	Ton.Km	Kg CO ₂		Ton CO ₂		
	10	332,7	174,6	17000	0,55286	321153167,4		321153,2		
Equipo en operación										
Capacidad (btu)	i=w*h consumo (w/h) o (kw/h)	Horas diarias	Días laborales/ mes	Meses/ año	Consumo/ año (kw/h)	Coefficiente de consumo global eléctrica de equipos	Kg CO ₂ e emitidos por kw-h x unidad producida	Kg CO ₂ e emitidos por kw.h x unidad producida	Kg CO ₂ e emitidos por KW-anual X prod. Total	Ton.CO ₂ eq. Por KW-h anual Total de unid.
12000	1,3	8	20	12	3120	1,25	0,15	2106000	9477000000	9477000

Tabla 5. Emisiones de CO₂ por transporte marítimo, terrestre en Truck, terrestre en distribución y por equipo en operación

Fuente: Autores

La emisión de CO₂ más alta recae en el transporte marítimo (92133,72 Ton CO₂ e) de emisión anual por total de la producción, sin embargo, el equipo en operación (aire acondicionado) genera altas emisiones de CO₂ (9 477 000) por Kwh en el año.

La huella de carbono del producto en su fase de producción y por su unidad funcional se aprecia en la tabla (6).

Por producción			Por unidad funcional		
Huella de carbono del sistema de aire acondicionado convencional 12000 BTU	Ton. CO ₂ equivalente. anual x total de unidades	Ton. CO ₂ equivalente. cuna a la puerta anual * unidad funcional	Ton. CO ₂ equivalente * unidad funcional (Cuna a la puerta)	Ton. CO ₂ equivalente. (Cuna a la cuna) anual * unidad funcional	Ton. CO ₂ equivalente. Ciclo de vida (años)
Fabricación del equipo	11501,56		2,56		
Transporte marítimo	92133,72		20,47		
Transporte terrestre por importación	15741,31		3,50		
Transporte terrestre por distribución	321153,17		71,37		
Energía requerida durante su operación	9477000,00		2106,00	16848,00	
Total de CO₂	9917529,76	2203,90	2203,90	16848,00	19051,90

Tabla 6. Huella de carbono del sistema de enfriamiento por producción y por unidad funcional

Fuente: Autores

La huella de carbono más alta que genera el producto corresponde a la etapa de producción, cuando la energía requerida para su operación es el valor más alto (9 477 000 Ton CO₂) equivalentes por total de unidades producidas en el año, mientras la unidad funcional emite 19051,9 Ton CO₂ equivalentes al ciclo de vida del producto que es de 10 años.

Como parte del análisis de ciclo de vida el producto es considerado de tipo D respecto al software Ecodesign Pilot, es decir el consumo intensivo de energía y materiales durante el uso, dominando el desempeño ambiental del producto. Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de las 4500 unidades producidas anual es de 11 501,6 Ton CO₂ equivalente. Las emisiones por transporte son significativas alcanzando 429.124,3 Ton de dióxido de carbono (CO₂) equivalente por las 4500 unidades producidas anualmente. En relación con el uso del sistema de frío, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por el total de 4500 unidades en operación anual es de 2'812.320,0 Ton CO₂ equivalente considerando 8 horas diarias por 20 días y 365 días año. La huella de carbono por la unidad funcional de aire acondicionado de 12000 BTU de capacidad, es de 722,88 Ton de CO₂ equivalente por año.

En la figura 1 se muestra el consumo energético del producto por unidad funcional.

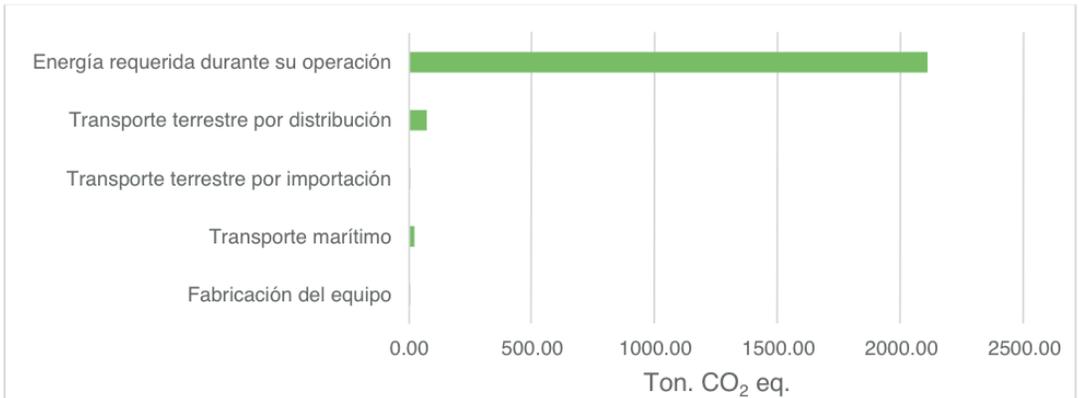


Figura 1. Huella de carbono del aire acondicionado tipo split 12000 BTU

Fuente: Autores

En este sentido, el análisis de ciclo de vida de la cuna a la cuna abordado por el simulador de Ecodesign PILOT, arroja el dato de la categoría de impacto del tipo de uso intensivo respecto al consumo de energía y materiales en su proceso de manufactura de sus componentes que conforman el sistema, así como también del gas refrigerante que es utilizado como medio de transformación para ceder la energía de una fuente a otra con un consumo energético de 11501,56 Ton de CO₂ equivalente anual que corresponde al total de los componentes e insumos de fabricación. Ante esto se sitúa la Organización de las Naciones Unidas referente a la paz, dignidad e igualdad en un planeta sano, presenta los desafíos del cambio climático entre los cuales figura la huella humana sobre todo en la presencia de los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), siendo el gas de mayor concentración en la atmósfera constituyendo aproximadamente los dos tercios de la presencia de otros gases (ONU, 2021).

Por otra parte, el protocolo de Kyoto corresponde a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo “reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y otros tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)” (Manos unidas, 2021).

En concordancia, la Cumbre sobre la Acción Climática ONU en 2019 acogió nueve áreas de acción prioritarias y nuevos compromisos significativos y concretos para combatir la crisis climática, considerando soluciones y planes concretos en materia de transición global hacia las energías renovables, infraestructuras y ciudades sostenibles y resilientes, agricultura y ordenación sostenible de océanos y bosques, resiliencia y adaptación a los

impactos climáticos y convergencia de financiación pública y privada con una economía de emisiones netas cero.

En el mismo contexto también, el Acuerdo de París menciona el uso de nuevas tecnologías mejorando la eficiencia energética, productos, implementación de soluciones ecológicas, industria sostenible con la reducción de emisiones de carbono y el desarrollo de buenas práctica de manufactura y mantenimiento de los equipos de aires acondicionados, así como también en la correcta manipulación de los gases refrigerantes CFC, HFC por ser gases potenciales de efecto invernadero y deteriorantes de la capa de ozono (BBC NEWS, 2021), (Benavides & y León, 2007).

Siendo así, se torna muy importante el desarrollo de equipos de alta eficiencia energética a lo largo del ciclo de vida del sistema de climatización desde la materia prima hasta su punto de operación que en este caso particular la energía necesaria para su funcionamiento es significativo. La evaluación de impacto ambiental de los productos se fundamenta en los resultados obtenidos, permitiendo conocer el nivel de contaminación ambiental y optar por nuevos productos bajo nuevas estrategias que generen menor impacto al medio ambiente, mejorando los productos de pequeña, mediana y gran escala de consumo aportando a la industria y su competitividad en el mercado, en síntesis el diseño industrial debe ser igual a eco diseños que armonicen los criterios ambientales con los diseños de los productos con el objetivo de satisfacer las necesidades de la sociedad y cuidando el medio ambiente (ECO inteligencia, 2015).

4 | CONCLUSIONES

Como conclusiones del presente estudio de ecodiseño de un sistema de aire acondicionado de 12000 BTU de capacidad de enfriamiento, se ha podido aportar con información relevante sobre la huella de carbono que genera la fabricación y el uso de este producto, en tal virtud, el análisis de ciclo de vida determinó una categoría de impacto ambiental de tipo “D” relacionado con los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono CO₂, denotando un alto consumo energético, que promueve el calentamiento global.

Es fundamental entonces, la consideración de estrategias de seguridad ambiental como la reducción del uso de este tipo de sistema de enfriamiento debido las altas emisiones de CO₂ que emite a la atmósfera; además se recomienda desarrollar mantenimiento preventivo tecnificado, tendiente a disminuir el correctivo y consecuentemente reducir posibles fugas de gas refrigerante del sistema, por otra parte se debería adquirir tecnologías de vanguardia que permitan controlar el proceso de operación eficiente del sistema.

REFERENCIAS

Angel Avadí, C. B. (2015). Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 1-14.

BBC NEWS. (21 de 03 de 2021). *Gases CFC en la atmósfera*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48390390>

Benavides, H., & León, G. (2007). *INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Quito-Ecuador: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

ECO inteligencia. (22 de 09 de 2015). *Ecodiseño en la industria*. Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2015/09/ecodisenio/>

Ecodesign pilot corporation. (2020). *Seitenan fang diseño y derechos reservado de Vienna TU Instituto para Diseño Ingenieril - ECODISEÑO*. Obtenido de <http://pilot.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPANOL/INDEX.HTM>

FAO. (2019). *fao.org*.

Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. (2013). *Cambio Climático*. GI7: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ISBN 978-92-9169-338-2.

INEN. (2014). *Gestion Ambiental: Análisis de Ciclo de Vida Principio y Marco de Referencia*. Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (1986). *reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo*. Quito - Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (12 de 03 de 2021). *Meteorología e Hidrología en Ecuador*. Obtenido de <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/dir-de-informacion-hm/>

Inventories, T. F. (2006). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Estados Unidos.

Malagón, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación Ambiental- Fundamentos Básicos*. 1 era. Edición ISBN: 978-84-615-1145-7.

Manos unidas. (1 de octubre de 2021). *Cambio climático Protocolo de Kyoto*. Obtenido de [manosunidas.org: https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/protocolo-kioto](https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/protocolo-kioto)

Muñoz, R. y Macías, T. (2019). Sistema de refrigeración eco sustentable. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, Vol. 3 No. 2, August 2019, pages: 1-11.

Muñoz, R. y Macías, T. (2020). Life Cycle of 240 mL Insulated Beakers. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 1-11.

ONU. (2021). *Ecodiseño para el Desarrollo Industrial*. Viena, Austria: Naciones Unidas.

ONU. (2021). *PAZ, dignidad e igualdad en un planeta sano*. Estados Unidos de América: ONU.

Organizacion de las Naciones Unidas. (2021). *Cambio Climático*. Estados Unidos.

Ramírez, A., Rivela, B., Boero, A., & Melendres, A. (2018). Lights and shadows of the environmental impacts of fossil-based electricity. *ELSEVIER*, 11.

Social Market Foundation. (21 de 03 de 2021). *Servicios Públicos*. Obtenido de <https://www.smf.co.uk/>

Universidad de Warwick. (13 de 03 de 2021). *University of Warwick*. Obtenido de <https://www.universia.net/cl/universidades/university-of-warwick.01831.html>