

Propuesta de disminución de huella de carbono para construcción de edificaciones. Caso de estudio: Edificio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Proposal to reduce the carbon footprint for building constructions. Study Case: Basic Sciences Building of the Technical University of Ambato, Ecuador.

Esteban Naranjo Rea¹; Lenin Maldonado Narváez²

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, estebannaranjorea@gmail.com

²Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, lr.maldonado@uta.edu.ec

DOI: <http://dx.doi.org/10.31243/id.v15.2022.1589>

Resumen

El dióxido de carbono es uno de los gases de efecto invernadero más relevantes para preservar temperaturas habitables en la atmósfera terrestre, sin embargo, la concentración de este tipo de gases ha superado los niveles convencionales atentando contra la vida en el planeta. La industria de la construcción contribuye enormemente con las emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero, tanto por el ciclo de vida de sus materiales como por la operación y mantenimiento de la infraestructura, razón por la cual se busca imperativo buscar nuevos materiales y métodos constructivos que cumplan con su función primordial y al mismo tiempo disminuyan la contaminación ambiental. Para el presente proyecto se tomó como base el proceso de construcción del edificio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Ambato y se ha dividido en dos etapas: 1) Plan de Recolección de Datos: Levantamiento de información estructural y factores de emisión de dióxido de carbono equivalente; y 2) Plan de Procesamiento y Análisis de Información: modelación estructural, cálculo de volúmenes de Obra y estimación de huellas de carbono. Finalmente, se realizó una propuesta de mejora por medio del cambio de materiales correspondientes a los rubros no estructurales con alta contaminación por otros que resulten más amigables con el ambiente y finalmente se comprobó el correcto funcionamiento estático y dinámico de la estructura. Se obtuvo una disminución 116.34 toneladas de dióxido de carbono equivalente correspondiente al 8.50% de la propuesta inicial, asegurando simultáneamente el fiel cumplimiento desempeño estructural y de servicio de la edificación.

Palabras clave:

Dióxido de carbono, materiales de construcción, factor de emisión.

Abstract

Carbon dioxide is one of the most relevant greenhouse gases for preserving habitable temperatures in the Earth's atmosphere, however, the concentration of this type of gas has exceeded conventional levels, threatening life on the planet. The construction industry contributes enormously to CO₂ and greenhouse gas emissions, both for the life cycle of its materials and for the operation and maintenance of the infrastructure, which is why it is imperative to search new materials and construction methods. that fulfill their primary

function and at the same time reduce environmental pollution. For this project, the construction process of the Basic Sciences building of the Technical University of Ambato was taken as a basis and it has been divided into two stages: 1) Data Collection Plan: Gathering of structural information and emission factors of equivalent carbon dioxide; and 2) Information Processing and Analysis Plan: structural modeling, calculation of Work volumes and estimation of carbon footprints. Finally, an improvement proposal was made through the change of materials corresponding to non-structural items with high contamination for others that are more environmentally friendly and finally the correct static and dynamic functioning of the structure was verified. A reduction of 116.34 tons of carbon dioxide equivalent to 8.50% of the initial proposal was obtained, simultaneously ensuring faithful compliance with the structural and service performance of the building.

Keywords: | *Carbon dioxide, building materials, emission factor.*

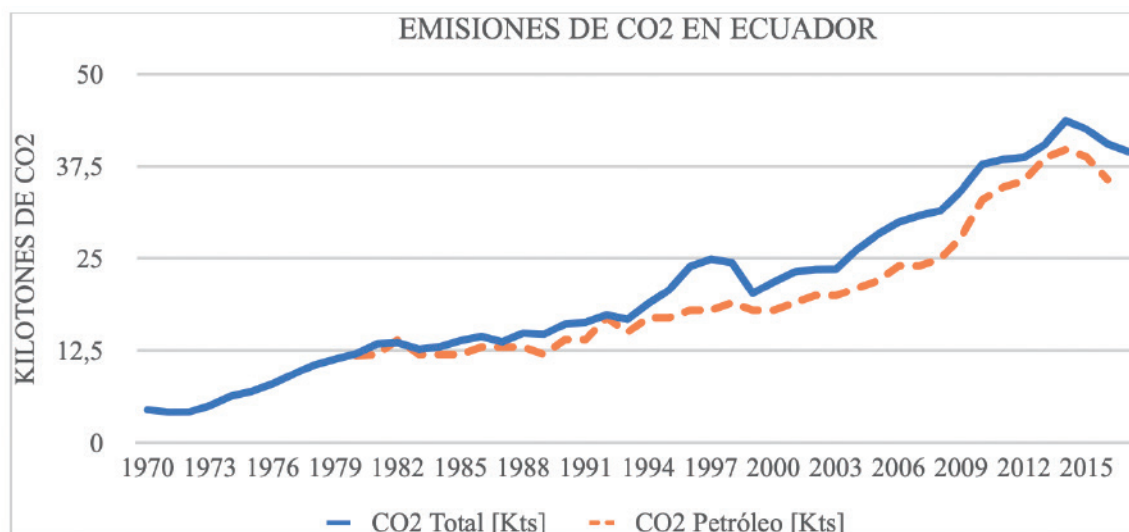
Introducción

El dióxido de carbono es uno de los gases de efecto invernadero más contaminantes para la atmósfera terrestre. (Andrade Castañeda, Arteaga Céspedes, & Segura Madrigal, 2017) Diferentes actividades humanas e industriales contribuyen a su crecimiento, sin embargo, las más recurrentes son: El transporte representando el 27,7 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI); el consumo de energía eléctrica abarcando el 26,7%; y por último la industria, entre ellas la construcción que representa el 12,5% ciento de contaminación por GEI. (EPA, 2017)

La concentración del CO₂ en la atmósfera se ha incrementado rompiendo récords como sucedió en el mes de mayo del 2019, registrando 415,64 ppm. (Organización Mundial Meteorológica., Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzan un nuevo récord, 2018) Resultan cifras alarmantes debido a que valores similares se dieron hace más de tres millones de años cuando la temperatura del planeta era superior a la actual y el nivel de agua del océano superaba los 25 metros. (Campatella, 2019)

Esta tendencia de crecimiento se evidencia en todo el mundo, desde Europa, Norte América y América del Sur, donde incluyendo el Caribe la contaminación de América Latina constituye el 5% de las emisiones totales de CO₂ del planeta (CNN en español, 2017). Es una situación preocupante, debido a que la contaminación en estas zonas puede terminar con la vida del bio marina y grandes reservas ecológicas a nivel mundial (Banco Interamericano de Desarrollo, 2017). Según datos del Banco mundial la contaminación en Ecuador registrada desde el año 1970 se ha incrementado debido a los avances industriales y la extracción y refinación del petróleo, evidenciándose en un crecimiento constante y perjudicial para la salud atmosférica. (Mundial B. , 2017)

Figura 1. Emisiones de CO2 en el Ecuador.



En la industria de la construcción sus diferentes materiales son analizados por medio del Life Cycle Assessment (LCA) o ciclo de vida. Según la ISO 14.040 este proceso ayuda a conocer el impacto ambiental derivado de cualquier producto o servicio. El estudio empieza determinando el gasto energético, ya sea por energía o la quema de combustibles, para la adquisición y extracción de materia prima, continúa con la refinación y fabricación, la distribución y transporte hacia la ubicación del cliente o la puesta en obra, el uso y reutilización de los materiales después de haber culminado su vida útil, reciclaje y gestión de residuos. (UNAM, 2012)

Sin embargo, para realizar un análisis de ciclo de vida es primordial definir los límites de estudio entre los que se han descrito anteriormente. Existen variantes como las siguientes:

- a) Cradle to Grave (Cuna a la Tumba): Comprende el estudio más completo, desde la extracción de la materia prima hasta el fin de su vida útil.
- b) Cradle to Gate (Producción del Producto): Se centra en el proceso de extracción hasta la salida de la fábrica, es decir, solo estudia la fabricación del bien.
- c) Gate to Grave (Fuera de fábrica): Estudia el impacto ambiental del producto una vez que ha salido de la fábrica donde fue elaborado hasta su posterior desecho o reciclaje.
- d) Gate to Gate (Dentro de la fábrica): Se centra en el estudio de transformación interno en la fábrica, sin tomar en cuenta la extracción de la materia prima.

El presente estudio se centra en la modalidad Cradle to Gate, para un estudio detallado de la extracción y producción de los materiales, debido que las distancias de transporte son variables que dependen de la ubicación de la obra o la disponibilidad local del producto.

Una vez conocidos los límites es importante identificar las emisiones de dióxido de carbono y de donde

proviene estas, puesto que según la ISO 14.000 existen tres alcances dentro de una empresa o industria:

- Alcance 1: Consiste en las emisiones directas y controladas por la misma empresa, ya sea la quema de combustible en maquinarias, calderas, hornos o vehículos. **(INDIAN GHG PROGRAM, 2012)**
- Alcance 2: Detalla las emisiones producidas por el consumo de energía eléctrica producida por la empresa
- Alcance 3: Se centra en emisiones indirectas no producidas por la empresa, ya sea por el proceso de elaboración de materiales y productos que requiere la organización, transportes, todo lo necesario para llegar a un producto final. **(Greenhouse Gas Protocol, 2012)**

Todos estos alcances intervienen en una edificación, sin embargo, el estudio se centrará en aquellos que abarcan el mayor porcentaje de contaminación, estamos hablando de los materiales destinados para la construcción, los cuales están definidos en los alcances 1 y 3. Generalmente las edificaciones en América Latina y más específicamente en el Ecuador son sistemas estructurales aporricados de hormigón armado, sistemas amurallados o sistemas duales que combinan ambas tecnologías. (Leman, 2012) El edificio de Ciencias Básicas consta de sistemas viga – columna de hormigones convencionales de resistencia de 240 kg/cm² y refuerzos de acero estructural con límites de fluencia de 4.200kg/cm². (Polanco & Cavia, 2017)

Los materiales convencionales para la construcción como son: Acero estructural, hormigón, madera, cerámica, aluminio, entre otros. Estos poseen su respectivo factor de emisión expresado en toneladas de dióxido de carbono equivalente sobre toneladas de material, con ello tenemos las emisiones de contaminación producidas por la construcción del edificio.

Para la obtención de los factores de emisión se utilizaron tres inventarios:

- Inventory of Carbon and Energy (ICE): Inventario desarrollado por la Universidad de Bath en Reino Unido, el cual se centra en la contaminación producida por la extracción de materia prima y su refinación para producir materiales de construcción. **(University of Bath, 2018)**
- Embodied CO₂ of Factory made cements and combinations: Inventario realizado por el British Cement Assosiation (BCA) que se centra en la contaminación en la extracción y los procesos de elaboración del cemento. **(British Cement Assosiation)**
- Guidelines of Defra/DECC Greenhouse Gas Conversions Factors for Company Reporting: Inventario desarrollado por el Department of Enviroment Food and Rural Affairs de Reino Unido, que se centra en la contaminación de CO₂ producida por el consumo energético, gas natural y transporte. **(Department of Enviromental Food and Rural Affairs)**

Metodología

1. Plan de Recolección de Datos

a) Fase 1: Levantamiento de Información Estructural

Esta fase se centra en la obtención de los rubros de construcción de nuestra edificación, con sus

respectivas unidades y cantidades. Esta información fue obtenida de los pliegos de contratación del propio edificio con un total de 189 actividades de las cuales destacaron 40 resaltando elementos estructurales y no estructurales.

b) Fase 2: Levantamiento de Factores de Emisión.

Para el levantamiento de los factores de emisión se identificó aquellos materiales que constan en los rubros de construcción obtenidos en la fase de levantamiento de información estructural, una vez determinados estos materiales se procedió a obtener los factores desde los tres inventarios descritos anteriormente.

2. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

a) Fase 1: Modelación Estructural

Esta fase se concentra en la modelación estructural de la situación actual del edificio, asignando las cargas de pared aplicadas sobre vigas y el adicional de carga Delta P sobre los tableros. Esto con la finalidad de comprobar el comportamiento estructural una vez que se han aligerado las cargas sobre la losa.

b) Fase 2: Cálculo de Volúmenes de Obra

En esta fase transformamos las unidades expresadas en los rubros de construcción (m², m³, u, kg) en toneladas con la finalidad de multiplicarlo con los factores de emisión expresados en toneladas de CO² sobre toneladas de material (t-CO²/t-material) y obtener así la cantidad de dióxido de carbono en unidades de masa.

c) Fase 3: Estimación de la huella de Carbono.

Se obtiene el producto del Dato de actividad por el Factor de emisión como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Emision de GEI (t GEI)} = DE * FE$$
$$[\text{Ton de CO}_2] = [\text{Ton}] * \left[\frac{\text{TonCO}_2}{\text{Ton}} \right]$$

(1)

Donde:

DE, es el dato de actividad será expresado en toneladas.

FE, es el factor de emisión esta expresado en t-CO²/t-material

De esta manera la emisión de GEI se presenta en toneladas de CO²

d) Fase 4: Propuesta de Disminución

Para la propuesta de disminución se analizará aquellos materiales que resulten menos contaminantes, reemplazando así acabados y materiales que influyan con elementos no estructurales.

Descripción del Caso

El edificio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Ambato ha sido construido con materiales convencionales para la construcción, sin tomar una alternativa de disminución de la huella de carbono, por tal motivo se realiza el pertinente estudio, identificando la contaminación que ha producido su construcción y los materiales utilizados en la misma para de esta forma establecer una alternativa más amigable con el medio ambiente, que sea óptima, funcional y ecológica.

Resultados y Discusión

a) Fase 1: Rubros de construcción.

En la Tabla 1 se enumeran los rubros de construcción de nuestra edificación utilizados para el presente estudio.

Tabla 1. Rubros de Construcción del Edificio de Ciencias Básicas

No.	Rubro	Unidad	Cantidad
1	Hormigón simple. Replanteo f'c=180kg/cm ²	m ³	31,15
2	Hormigón ciclópeo. F'c=210 kg/cm ² en cimientos	m ³	19,65
3	Hormigón simple f'c=240kg/cm ² en plintos	m ³	191,1
4	Hormigón simple f'c=240kg/cm ² en cadenas (inc. Encofrado)	m ³	24,49
5	Hormigón simple f'c=210kg/cm ² en muro perimetral (inc. Encofrado)	m ³	68,40
6	Hormigón simple f'c=210kg/cm ² en contra piso (inc. Encofrado)	m ²	447,66
7	Hormigón simple f'c=240kg/cm ² en columnas (inc. Encofrado)	m ³	165,30
8	Hormigón simple f'c=240kg/cm ² en losas (inc. Encofrado)	m ³	392,34
9	Hormigón simple f'c=240kg/cm ² en vigas (inc. Encofrado)	m ³	163,93
10	Hormigón simple f'c=240kg/cm ² en gradas (inc. Encofrado)	m ³	20,70
11	Acero de refuerzo fy=4200kg/cm ²	kg	111.767,70
12	Malla electrosoldada 8x15x15	m ²	507,57
13	Alivianamientos de 50 por 50 por 20	u	3,44
14	Alivianamientos de 50x25x20	u	432,50
15	Mampostería de bloque macizo 12cm	m ²	1.826,34
16	Enlucido vertical	m ²	4.588,90
17	Alisado y masillado de losa de cubierta con impermeabilizante	m ²	481,69
18	Enlucido en filos de ventanas y puertas	m	441,24
19	Dinteles 0.10x0.15m	m	179,20
20	Alisado y masillado de pisos	m ²	2.043,42
21	Pisos de porcelanato	m ²	1.975,02
22	Barredera de porcelanato h=8cm	m	960,82
23	Cerámica en baños	m ²	444,34

24	Pasamano h=90cm	m	28,48
25	Pasteado interior	m2	2.421,30
26	Pasteado exterior	m2	1.055,19
27	Pintura interior	m2	2.431,80
28	Pintura exterior	m2	1.055,19
29	Gypsum de 12mm interior (inc. Estructura metálica, pasteado y pintura)	m2	1.694,15
30	Puerta de madera taborada 100*210	u	14,00
31	Mampara y puerta de aluminio y vidrio 10mm templado ingreso	m2	11,16
32	Puerta metálica 140*210	u	1,00
33	Ventanas de aluminio y vidrio templado 6mm	m2	576,69
34	División de acero inoxidable de inodoros	u	10,00
35	División de baños, incluye puertas	m2	119,26
36	Mesón de granito	m	30,79
37	SI tubería PVC roscable diam. 63mm	m	155,42
38	SI. Tubería PVC roscable diam 50mm	m	71,30
39	SI tubería de acero inoxidable 2 1/2 hidrinox	m	97,15
40	SI tubería de acero inoxidable 1 1/2	m	1,73

Fuente: Universidad Técnica de Ambato. Proceso: LICO – UTA – 002 – 2017

b) Fase 2: Factores de Emisión.

En la tabla 2 se muestran los factores de emisión utilizados en la presente investigación.

Tabla 2. Factores de emisión por Material

Categoría	Materiales	Factor de emisión (tco2e/t material)
Cemento	Cemento	0,880
Material de Cantera	Arena	0,005
Material de Cantera	Grava	0,079
Metal	Acero	6,519
Metal	Hierro	2,030
Aislantes	Poliestireno	3,430
Bloque	Bloque	0,078
Aislantes	Impermeabilizante	4,450
Acabados	Porcelanato	0,700
Aislantes	Yeso	0,130
Acabados	Pintura	2,910
Madera	Madera	0,310

Vidrio	Vidrio	0,910
Metal	Aluminio	9,160
Material de Cantera	Granito	0,700
Plásticos	PVC	3,230

c) Fase 3: Resultados de la condición inicial

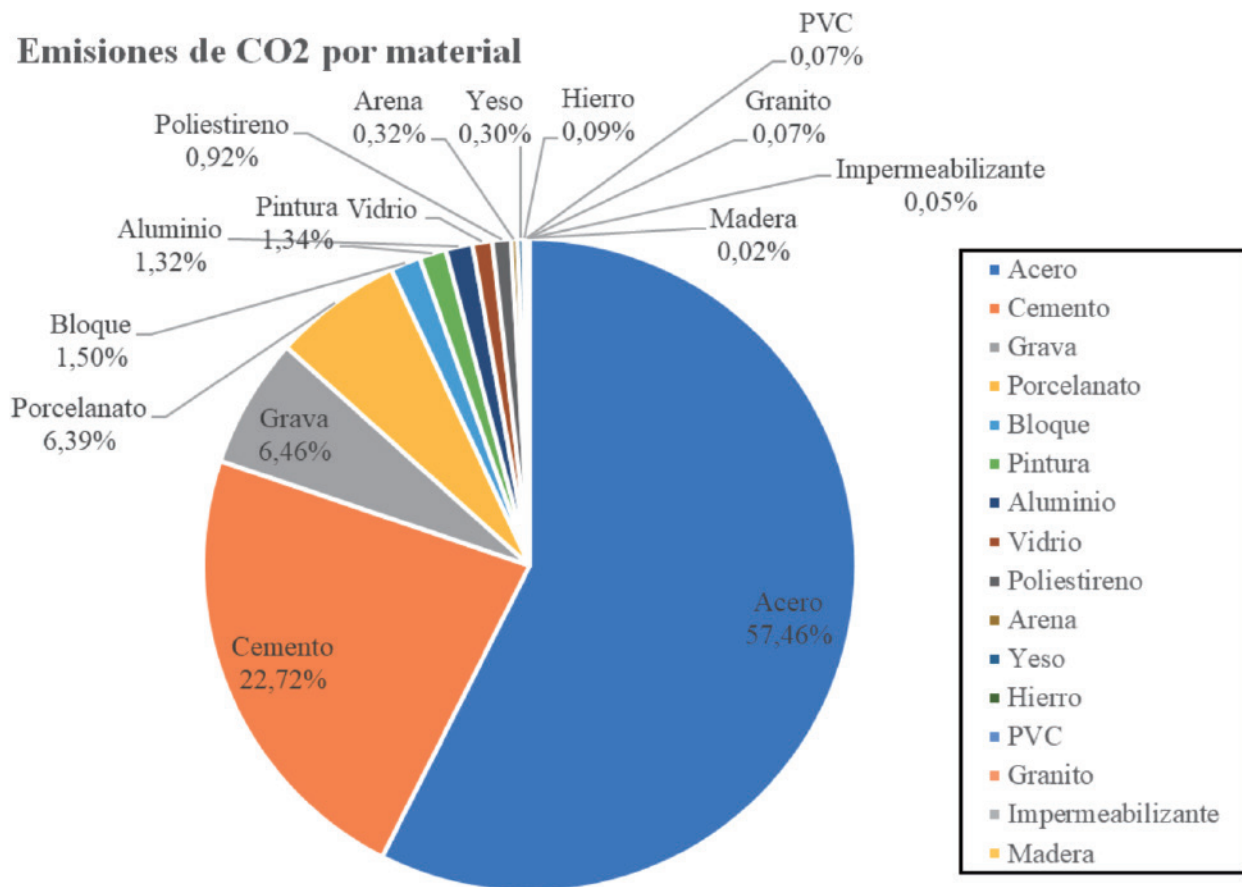
Primeramente, se realizó la transformación de las unidades de los rubros de construcción en unidades de peso (toneladas). En el caso de que ciertos rubros requieran más de un material para su elaboración, como es el caso de hormigones con diferentes resistencias, morteros de diferentes dosificaciones, dinteles, ventanas incluido perfilera de aluminio, se realizó el análisis respectivo para obtener los pesos de cada material y así calcular las emisiones de dióxido de carbono.

Tabla 3. Contaminación por materiales de la situación actual del edificio.

Materiales	Cantidad (ton)	Factor de Emisión (tco2e/t material)	Producto (tco2)	Porcentaje (%)
Acero	120,56	6,52	785,94	57,46
Cemento	353,15	0,88	310,77	22,72
Grava	1.119,00	0,08	88,40	6,46
Porcelanato	124,81	0,70	87,37	6,39
Bloque	262,54	0,08	20,48	1,50
Pintura	6,28	2,91	18,27	1,34
Aluminio	1,97	9,16	18,04	1,32
Vidrio	14,80	0,91	13,47	0,98
Poliestireno	3,65	3,43	12,53	0,92
Arena	845,22	0,01	4,31	0,32
Yeso	31,93	0,13	4,15	0,30
Hierro	0,58	2,03	1,17	0,09
PVC	0,30	3,23	0,96	0,07
Granito	1,34	0,70	0,94	0,07
Impermeabilizante	0,15	4,45	0,69	0,05
Madera	0,81	0,31	0,25	0,02
TOTAL			1.367,74	100,00

En la tabla 3 se presenta la contaminación por material de la situación actual de nuestra edificación de estudio. Entre los materiales más contaminantes tenemos el acero estructural con un valor del 57,46%, a continuación, le siguen el cemento y agregados para la fabricación del hormigón. Sin embargo, tenemos diferentes materiales no estructurales que producen una alta contaminación como es el caso del porcelanato (6,39%), aluminio (1,32%) y poliestireno (0,92%) que pueden ser disminuidos.

Figura 2. Emisiones de CO2 por material. Situación actual



a) Fase 4: Propuesta de disminución.

Para la propuesta de disminución se tomaron las siguientes alternativas:

- Eliminación de los aliviamientos de poliestireno utilizados en las losas de la estructura siendo estos reemplazados por casetones modulares reutilizables como alternativa más ecológica. Con esta propuesta se reducirá tanto el peso de la losa, así como las toneladas de dióxido de carbono del edificio.
- Eliminación de cerámica en los pisos a excepción de los baños. Se propone la colocación de pisos y barrederas de madera, debido a que el factor de emisión de la madera es mucho menor que el de la cerámica y de igual manera se reducirá el adicional a la carga muerta en losas.
- Se propone reemplazar el aluminio utilizado en la perfiles de las ventanas por perfiles de PVC. El aluminio presenta un factor de emisión demasiado alto y este cambio ayudará a reducir en gran medida la contaminación existente.
- Se propone cambiar las divisiones de acero inoxidable de los inodoros por granito, reduciendo de esta forma la cantidad de acero y la contaminación de este, de igual manera el granito presenta un factor de emisión menor que el acero.

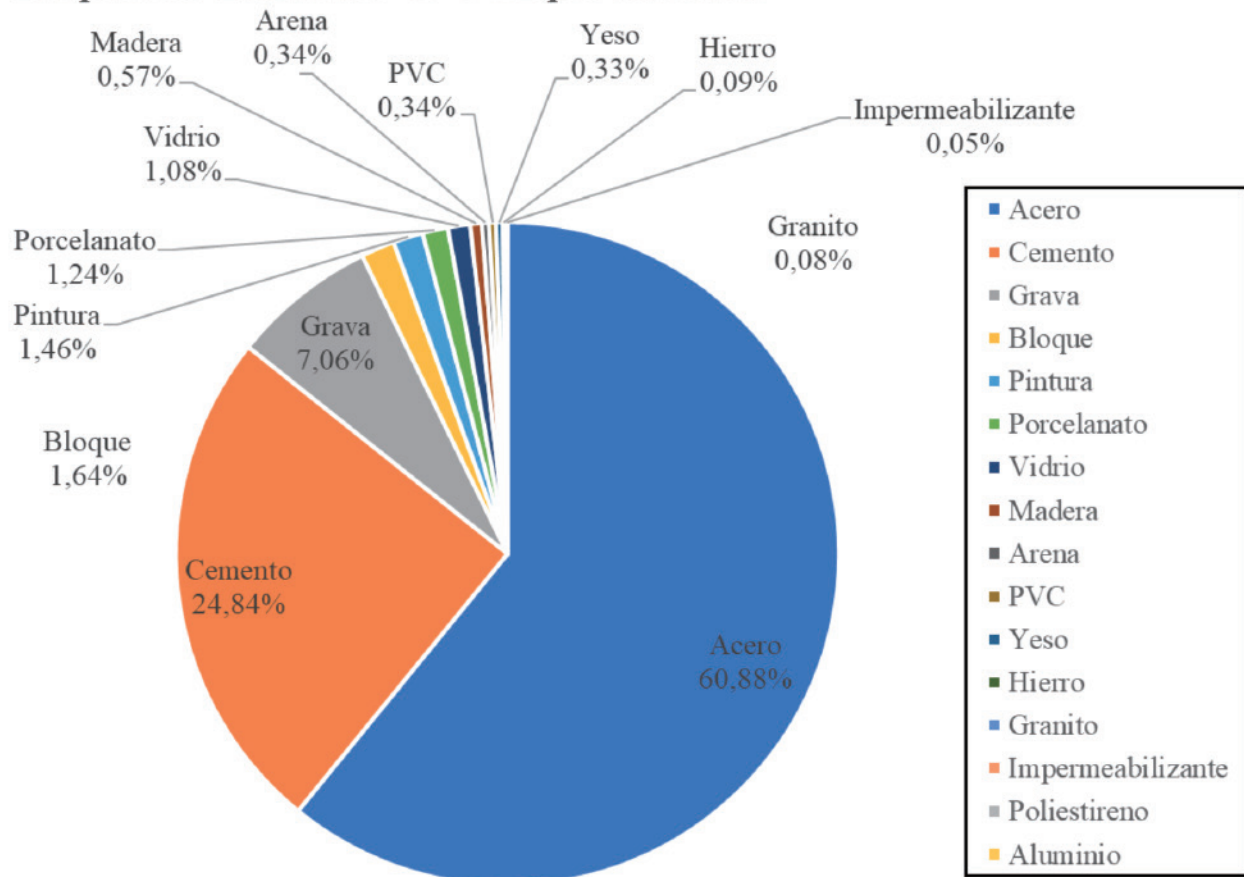
Tabla 4. Contaminación por materiales de la propuesta de disminución.

Materiales	Cantidad (ton)	Factor de Emisión (tco2e/t material)	Producto (tco2)	Porcentaje (%)
Acero	116,86	6,52	761,80	60,88
Cemento	353,15	0,88	310,77	24,83
Grava	1119,00	0,08	88,40	7,06
Bloque	262,54	0,08	20,48	1,64
Pintura	6,28	2,91	18,27	1,46
Porcelanato	22,22	0,70	15,55	1,24
Vidrio	14,80	0,91	13,47	1,08
Madera	22,82	0,31	7,07	0,57
Arena	845,22	0,01	4,31	0,34
PVC	1,30	3,23	4,21	0,34
Yeso	31,93	0,13	4,15	0,33
Hierro	0,58	2,03	1,17	0,09
Granito	1,40	0,70	0,98	0,08
Impermeabilizante	0,15	4,45	0,69	0,05
Poliestireno	0,00	3,43	0,00	0,00
Aluminio		9,16	0,00	0,00
TOTAL			1.251,40	100,00

En la tabla 4 podemos identificar una reducción en la contaminación total del edificio reduciendo a un total de 1.251,40 toneladas de dióxido de carbono. Esta reducción fue posible gracias a la disminución del porcelanato, la eliminación de poliestireno y del aluminio, disminución de acero inoxidable en divisiones de baños por materiales menos contaminantes.

Figura 3. Emisiones de CO2 por material. Propuesta de disminución.

Propuesta. Emisiones de CO2 por material



Conclusiones

En base a la investigación y los cálculos realizados se concluye que la huella de carbono del edificio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Ambato es de 1.367,74 toneladas de dióxido de carbono.

De igual manera se ha podido analizar que los rubros correspondientes a elementos estructurales no son factibles a ser reemplazados. Nuestra propuesta de reducción se centra en el reemplazo de los rubros correspondientes a acabados y materiales no estructurales teniendo una reducción de 116,34 toneladas de dióxido de carbono correspondiente al 8,50% de la totalidad de los gases emitidos.

Cabe resaltar que la propuesta de disminución de huella de carbono del edificio de Ciencias Básicas cumple con todos los chequeos correspondientes al análisis dinámico: Calibración del periodo de vibración, modos traslacionales y rotacionales, acumulación de masas, deriva inelástica y validación del análisis dinámico.

Recomendaciones

En base a la investigación y los cálculos realizados se recomienda construir con un enfoque ambiental,

considerando el uso de materiales con factores de emisión menores a los convencionales utilizados en esta industria.

Se recomienda de igual manera el uso de materiales en la construcción de producción local, con el fin de evitar contaminación por el transporte a nivel nacional como internacional.

Se recomienda implementar el uso de tecnologías verdes y ecológicas, que fomenten la diseños sustentables y auto sostenibles, como es el caso del uso de agua lluvia, las corrientes de viento propias del sector y el aprovechamiento de la luz solar.

Bibliografía

- Affairs, D. o. (n.d.). Guidelines of Defra/DECC Greenhouse Gas Conversions Factors for Company Reporting. Reino Unido.
- Andrade Castañeda, H., Arteaga Céspedes, C., & Segura Madrigal, M. (2017, Enero). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). Retrieved 5 2019, 17, from <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n1/v18n1a06.pdf>
- Assosiation, B. C. (n.d.). Emboiled CO2 of Factory made Cements and Combinations. Reino Unido: British Cement Assosiation (BCA).
- Bath, U. o. (n.d.). Inventory of Carbon and Energy. Reino Unido: University of Bath.
- Campatella, E. (2019, 5 16). El CO2 rompe todos los records y supera las 415ppm. (Meteored) Retrieved 6 17, 2019, from <https://www.meteored.com.ar/noticias/actualidad/el-co2-rompe-todos-los-records-y-supera-las-415-ppm.html>
- Desarrollo, B. I. (2017, 6 8). Estos son los paises de america latina que mas co2 emiten. Retrieved 8 15, 2019, from <https://cnnespanol.cnn.com/2017/06/08/estos-son-los-paises-de-america-latina-que-mas-co2-emiten/>
- EPA. (2017). Agencia de Protección Ambiental de los EEUU. Retrieved 6 13, 2019, from <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Español, C. (2017, 6 8). Estos son los países de latinoamérica que mas CO2 emiten. (CNN) Retrieved 6 17, 2019, from <https://cnnespanol.cnn.com/2017/06/08/estos-son-los-paises-de-america-latina-que-mas-co2-emiten/>
- Leman, J. (2012). Damage and implications for seismic design of RC Structural Wall Buildings Earthquake Spectra.
- Mundial, B. (2017). Contaminación por CO2 en Ecuador. Retrieved 7 12, 2019, from <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.GHGT.KT.CE>
- Mundial, O. M. (2018, Noviembre). Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzan un nuevo récord. Retrieved 5 2019, 17, from <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/los-niveles-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanzan-un>
- Mundial, O. M. (2019, Febrero). La OMM confirma que los últimos cuatro años han sido los más cálidos desde que se tienen registros. Retrieved 5 2019, 17, from <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-omm-confirma-que-los-%C3%BAltimos-cuatro-a%C3%B1os-han-sido-los-m%C3%A1s-c%C3%A1lidos>

- Polanco, J. A., & Cavia, D. (2017). MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Bogotá: Departamento de ciencia e ingeniería de terrenos y materiales.
- PROGRAM, I. G. (2012).
- Protocol, G. G. (2012). Explain of Scope 1, 2 and 3. Retrieved 6 19, 2019, from <https://www.indiaghgp.org/explaining-scope-1-2-3>
- UNAM. (2012). Analisis del ciclo de vida. Retrieved 8 2019, 10, from https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2013/Analisis%20del%20Ciclo%20de%20Vida.pdf