

**Medición y análisis de la Huella de Carbono asociado a la Construcción del nuevo edificio de Ingeniería de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.**

Measurement and analysis of the Carbon Footprint associated with the Construction of the new Engineering building of the Catholic University of the Holy Conception.

*Jhon Isaac Muñoz Silva<sup>1</sup>, María Elisa Neubauer R<sup>2</sup> Felipe González M<sup>3</sup>*

---

**Resumen:**

Muchos son los factores que hacen que hoy en día nuestro planeta esté pasando por un cambio climático evidente. La construcción a nivel mundial sigue patrones que fomenta la destrucción de nuestro mundo y aún después de muchos estudios ambientales no progresamos en medidas que detengan o mitiguen este gran impacto corrosivo. El Hormigón es un gran aliado en las construcciones de hoy, pero no es el mejor en cuanto medidas ambientales. Este trabajo mostrará el impacto de huella de carbono que está dejando la construcción del nuevo edificio de ingeniería de la universidad católica de la santísima concepción.

**Palabras clave:** Cambio climático, gases de efecto invernadero, Construcción, Huella de carbono, medio ambiente, análisis de ciclo de vida.

**Abstract:**

Many are the factors that make today our planet is going through an obvious climate change. Global construction follows patterns that encourage the destruction of our world and even after many environmental studies we do not progress in measures that stop or mitigate this great corrosive impact. The Concrete is a great ally in today's construction, but it is not the best in terms of environmental measures. This work allowed the impact of carbon footprint that is leaving the construction of the new engineering building of the Catholic University of the Blessed Conception.

**Keywords:** Climate change, greenhouse gases, Construction, Carbon footprint, environment, Life cycle analysis.

---

<sup>1</sup> Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE. jimunoz@ing.ucsc.cl

<sup>2</sup> Profesora guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE. m.e.neubauer.r@gmail.com

<sup>3</sup> Profesor informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE. fg.ingcivil@gmail.com

## 1.- INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las cifras del Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático (IPCC), hoy en día nuestro planeta está pasando por un cambio climático sin precedentes. Entre los años 1970 y 2004 las emanaciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) causadas por actividades humanas, tales como la agricultura, quema de combustibles fósiles, deforestación, obras civiles, extracción de materias primas, etcétera, ha aumentado en un 70% (HEVIA, 2014). El problema radica en que los GEI se acumulan en la atmósfera terrestre generando una capa permanente de gases que no deja salir la energía liberada de la Tierra producto de la radiación solar, provocando que el planeta se caliente más de lo normal, causando así un aumento del efecto invernadero. Como consecuencia, se produce un aumento en la temperatura media del planeta responsable del gran cambio climático que vivimos en nuestro tiempo.

En este contexto, el proceso de la construcción es responsable de más del 40% de la extracción de recursos naturales, más del 30% del gasto de energía y más del 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero” (Cambio Global España, 2010). En Chile, estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2007), indicaron que, a nivel nacional el hormigón es el material con mayor utilización en edificaciones (considerando muros de edificios), alcanzando, un 38% del total nacional; según el Informe de Macroeconomía y Construcción” (Cámara Chilena de la Construcción, 2013). De estos datos se obtiene que los procesos constructivos están basados en el hormigón, siendo el material más utilizado en construcción, pero también uno de los materiales que provoca más emisiones de gases de efecto invernadero ( $296,3\text{kg COeq/m}^3$ )<sup>4</sup>, y por supuesto, un material que, si bien es seguro en muchas medidas, no lo es, necesariamente, desde el punto de vista constructivo y ambiental.

Normalmente, se piensa que los principales agentes de contaminación ambiental corresponden a la industria de la transformación y a los sistemas de transporte, y se ha comprobado que la “Industria de la Construcción” también es un agente contaminador importante, ya que ésta llega a consumir hasta el 50 % de los recursos del entorno donde se desarrolla, lo que resulta en un gran impacto ambiental. Así también, resulta evidente que, con el actual ritmo de crecimiento demográfico, se construyen a una velocidad considerable. Este crecimiento poblacional se ve reflejado en las zonas

---

<sup>4</sup> Factor extraído de la tesis “Cálculo de la huella de carbono asociado a la elaboración de hormigones geopoliméricos en Chile”. Universidad de Chile. 2015.

urbanas en general, pero sobre todo, en las ciudades de los países en vías de desarrollo. Esto se debe principalmente, a las condiciones de pobreza existentes en estos países, lo que provoca la migración campo-ciudad en busca de una mejor calidad de vida, y como consecuencia, aumenta la demanda de vivienda y de espacios construidos. Sin embargo, los procedimientos, tecnologías y materiales utilizados no consideran la protección del entorno ambiental o el ahorro de estos recursos naturales (BERRÓN FERRER, GERARDO E, 2003).

En consecuencia de lo expuesto, en este estudio se ha analizará los efectos totales que produce la demanda de construcción de un edificio, en este caso de los nuevos laboratorios de ingeniería de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, sede San Andrés<sup>5</sup>, para conocer su impacto (), y dar posibles soluciones a las nuevas construcciones, colaborando y analizando su efectiva realización en Chile para mitigar de algún modo los efectos del cambio climático. Si bien, sabemos que no es un trabajo a corto plazo, como ingenieros civiles somos responsables en gran medida de las construcciones en nuestro país, y, por ende, podemos aportar en medidas ecológicas que contribuyan positivamente en este cambio climático.

---

<sup>5</sup> Ver Anexo N°1

## 2.- MARCO TEÓRICO

A nivel global y nacional, la industria de la construcción contribuye significativamente al consumo de recursos, así como a otros impactos ambientales, como emisiones al aire y la generación de residuos. Esta situación ha motivado el interés por evaluar los impactos de las construcciones con un enfoque de ciclo de vida, considerando las etapas de obtención de materias primas, manufactura, transporte, uso y demolición. (Argüello, Aragüelles y Badillo, 2013).

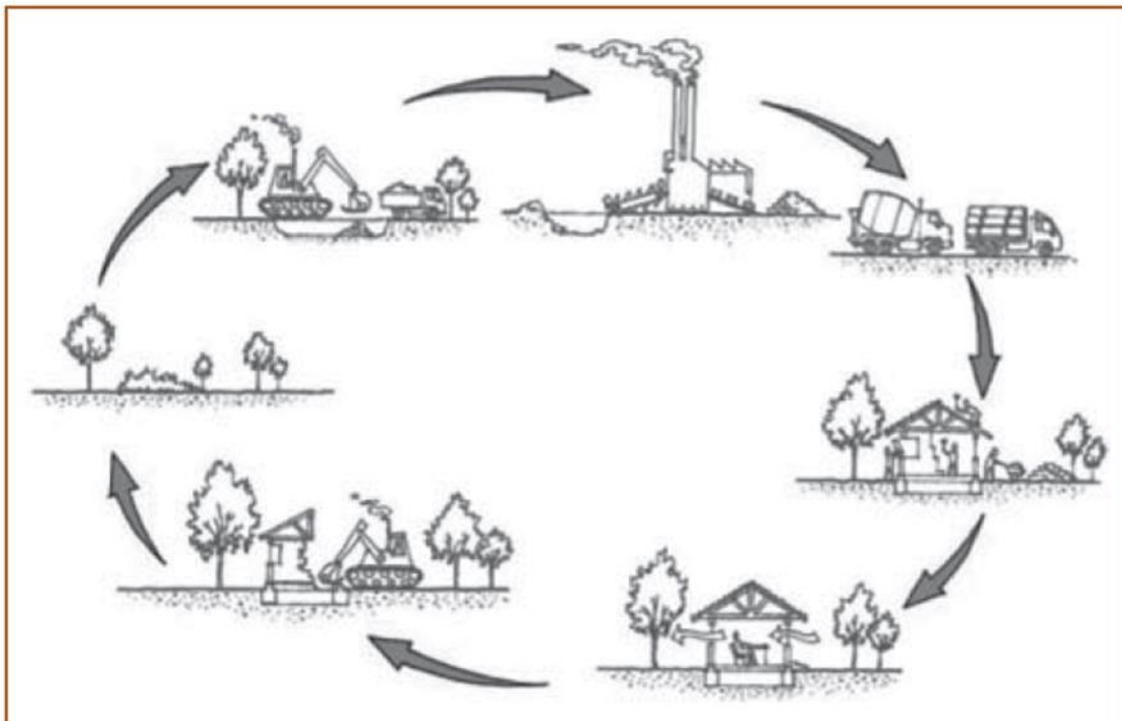
Así, el análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por un proceso/producto durante su ciclo de vida completo (esto es, de la cuna a la tumba) (Haya, 2016). El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que es regulado por las normativas ISO 14040 e ISO14044, es la herramienta utilizada para realizar el estudio “de la cuna a la tumba”. Es decir, es una técnica que permite determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto, compilando un inventario de las entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio (ISO 14040, 2006).

Para facilitar la comprensión hemos dividido la vida de un material en cinco etapas significativas (Bellart y Mesa, 2009), además de un esquema de ACV de una vivienda que se muestra en la imagen 1.

1. La fabricación, la cual incluye la extracción de las materias primas y el proceso de fabricación. Conocer el método utilizado en la creación del producto es el paso previo al ACV.
2. La expedición del material fabricado hasta el punto de consumo.
3. La puesta en obra donde se analizan los recursos utilizados en el proceso de construcción.
4. La vida útil donde se estudian los recursos utilizados en el decurso de la vida efectiva del material.
5. La demolición y el reciclado.

Debido al aumento del EI provocado por las emisiones de GEI, la comunidad científica y un número creciente de grupos sociales, empresariales y políticos de los más diversos países, llegaron a la conclusión de que éste constituye uno de los mayores desafíos ambientales que se pudiera interponer en el camino hacia el desarrollo sustentable en el presente siglo.

La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983, definió el desarrollo sustentable como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. En Chile se utiliza la palabra “sustentable” como un anglicismo de la palabra “sustainable”, referida a algo capaz de sostenerse indefinidamente en el tiempo sin agotar nada de los recursos materiales o energéticos que necesita para funcionar. ([chiledesarrollosustentable](#), 2011)



**Figura 1: Análisis Ciclo de vida. Fuente: Bustamante, 2009.**

Hoy en día la construcción en Chile no está siguiendo el modelo de desarrollo sustentable. Al realizar un proyecto, se apunta en mayor medida al desarrollo económico, luego el social, sin indagar o medir el impacto ambiental ocasionado, y por lo tanto, los proyectos de edificaciones no se diseñan dentro de los lineamientos de desarrollo sustentable, que hoy en día son necesario para mitigar el calentamiento global.

En la figura 2, se muestra como la relación entre el ámbito económico, social y ambiental apunta a un desarrollo sustentable y sostenible en el tiempo.



Figura 2. Fuente: consorcio lechero. (s/f)

De esta manera, aparece la necesidad de investigar nuevos procesos constructivos y a la vez probar nuevos materiales que aporten a una economía circular en el análisis de ciclo de vida de las edificaciones. Con lo que respecta a ello, una de las herramientas que tenemos para medir el daño ambiental que causa una obra civil es el cálculo de la Huella de Carbono (HdeC), este se refiere al cálculo de todos los gases de efecto invernadero que están relacionados con el proceso constructivo y que se liberan a causa de este.

Carbón Trust, define la HdeC como, “las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de las materias primas empleadas en su producción, incluso la eliminación del producto acabado” (CT, 2007).

La Huella de Carbono (HdeC), definida en forma muy general, representa la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases. Los GEI, forman una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por la tierra pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente (Espíndola y Valderrama, 2012). En particular, el uso de la HdeC ha encontrado un importante campo de contribución como es la eficiencia energética y su impacto en los costos operacionales de la empresa, situación que mejora

el margen de beneficios de la empresa contribuyendo, no sólo a la sustentabilidad ambiental, sino también, a la rentabilidad económica de la misma. El éxito en la contribución al cambio climático que pueda ofrecer la HdeC para poner en práctica cadenas de producción sostenibles, pasa por el reconocimiento de las responsabilidades de productores y también de consumidores (Espíndola y Valderrama, 2012).

Como se ha planteado anteriormente, la construcción de edificios juega un rol fundamental en el medioambiente, ya que es un gran consumidor de recursos naturales y genera una enorme cantidad de desechos. Es también un importante usuario de energía no renovable y un emisor de gases causantes del efecto invernadero y otros desechos en estado gaseoso (Zabalza Bribián, Aranda Usón, y Scarpellini, 2009). El proceso de la construcción es responsable de más del 40% de los recursos naturales, más de un 30% del consumo de energía y más de un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Cambio Global España, 2010). De acuerdo con la información entregada por el Worldwatch Institute, la construcción de edificios consume el 40% de roca, arena y gravilla, además del 25% de madera y 16% del agua utilizada anualmente en el mundo (Arena y de Rosa, 2003).

En consecuencia, de lo planteado, como profesionales de la construcción nos compete estimar la huella de carbono (HdeC) que se produce durante la ejecución de las obras civiles, y así alinearnos con las medidas de los 6 GEI establecidos en el protocolo de Kioto en el año 1997, los cuales son; Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Dichos gases son los responsables en mayor medida de esta capa permanente en la atmosfera de la cual hicimos referencia anteriormente. De este modo, debido a la necesidad de proteger nuestro planeta, es que mundialmente se ha comenzado a calcular la HdeC de todos los efectos antropogénicos posibles, y así, tener un inventario completo a nivel mundial de cuánto se está contaminando para poder reducir las emanaciones de GEI en la atmosfera, evitando de este modo el desastre ecológico que acontece hoy en nuestra Tierra.

Hoy en día existen muchos protocolos y códigos que describen claramente cómo estimar la HdeC a nivel corporativo, pero no hay ningún manual claro en cuanto al cálculo de la HdeC para un proceso constructivo. es por esto, que en este estudio se estimará la HdeC de la construcción del Edificio de Ingeniería UCSC del Campus San Andrés, identificando oportunidades de disminución de GEI.

### **3.- OBJETIVOS**

#### 3.1.- Objetivos Generales

Calcular la Huella de Carbono del nuevo edificio de Ingeniería UCSC, para la identificación de etapas, materiales y oportunidades de disminución de GEI.

#### 3.2.- Objetivos específicos

- Identificar materiales con mayores emisiones.
- Proponer medidas de mitigación.
- Conocer otros materiales que no afecten tanto el medio ambiente, como aquellos establecidos como patrón en las construcciones de nuestro país.

### **4.- MATERIALES Y MÉTODO**

Como se ha planteado, para medir la HdeC de un producto o servicio, es necesario hacer un análisis de ciclo de vida (ACV) descrito en las normas internacionales ISO 14040 e ISO 14044. El ACV, toma en cuenta el productor desde la cuna hasta la tumba o desde la cuna hasta la puerta, por lo tanto, en el caso de los materiales de construcción, el análisis debe tomarse en cuenta desde la extracción de materias primas, transporte de la materia prima hasta donde será procesado, proceso industrial para llegar al producto final, transporte del producto hasta el cliente, utilización del producto acabado a lo largo de su vida en servicio, reciclaje del material para volver a servir como tal o transformarlo en otro producto, y finalmente se dispone el material como residuo después de haber servido a su función. Así lo muestra la figura N°1:

Ahora bien, en Chile no existen estudios variados sobre los factores de emisión de los materiales de construcción que se utilizan normalmente, por lo tanto, se ha hecho una recopilación de los materiales más representativos de la obra con su respectivo factor de emisión, calculados mediante el análisis de ciclo de vida<sup>6</sup>. En la tabla N°1 se muestra un listado de los materiales más usados con su respectivo factor de emisión.

---

<sup>6</sup> Como nacionalmente no se cuenta con estudios variados de ACV, los factores presentados son de estudios de España, Cataluña, Costa Rica y Chile.

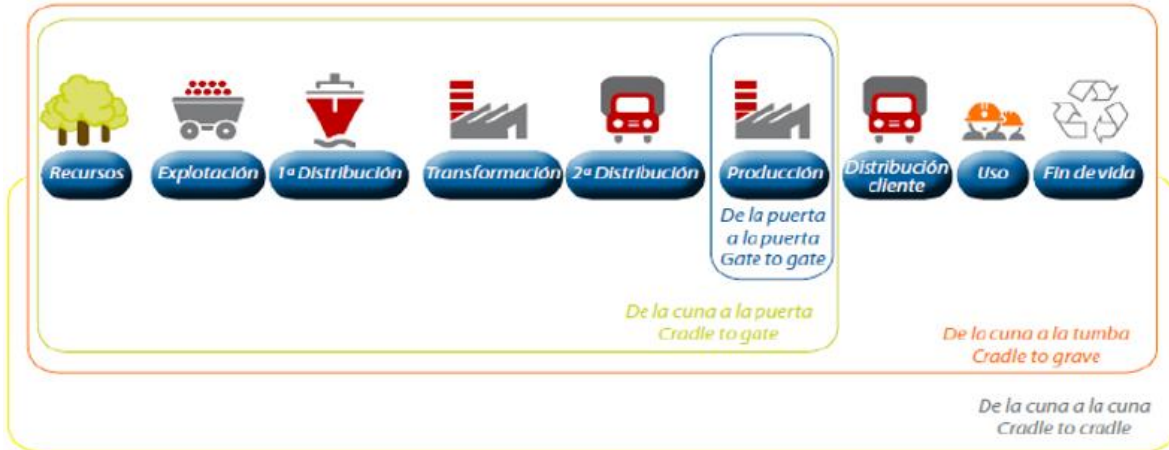


Figura N°1: Etapas del ciclo de vida, Ihobe,2009.

Tabla N° 1: listado de materiales con su respectivo factor de emisión en CO<sub>2</sub>eq.

MATERIAL	EMISION KgCO <sub>2</sub> eq/Kg
Acero galvanizado	4,06
Acero laminado	4,582
Acero laminado reciclado	0,82
Aluminio	11,2
Barra de refuerzo	2,89
Barra de refuerzo reciclado	0,767
Caucho	1,815
Cerámico	2,258
Fenólico (Resina)	3,702
Fibrocemento	0,691
G25	0,123
Lana de vidrio	1,387

Madera	-1,53
Madera laminada	-0,29
Membrana hidrófuga	1,573
Mortero 1:3	0,23
Pavimento asfáltico	6,5
Pintura	2,212
Polietileno	1,694
Poliestireno	3,355
Placa colaborante	3,841
Placa OSB	1,4
PVC	1,835
Tubería de cobre	2,202
Vidrio	1,3
Yeso cartón	2
Yeso cartón RH	3,2
Zinc	3,165

Para el caso en estudio, no se ha realizado un ACV de los materiales relacionados con la construcción del edificio, sino más bien se ha realizado una recopilación de factores de emisión de diferentes autores, en diferentes ciudades y países. Estos factores se muestran en la tabla N°1.

Según la guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1: 2006, capítulo 4.6, señala la siguiente fórmula para el cálculo de la huella de carbono con respecto a factores de análisis de ciclo de vida;

$$\text{Emisiones de GEIs (tGEI)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Donde;

Dato de actividad: Medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión. En el caso de emisiones de proceso, el dato de actividad será un dato representativo del proceso como la producción (masa o volumen) o el consumo de una determinada materia prima (masa o volumen).

Factor de emisión: normalmente viene expresado en toneladas de GEI /unidad (dependiendo la unidad de las unidades del dato de actividad). El factor de emisión depende del tipo y características del proceso de transformación química y tipo de combustible. En ocasiones, para adecuar las unidades del dato de actividad a las unidades del factor de emisión disponible, es necesario utilizar factores de conversión tales como la densidad, o factores de cambios de unidades dentro de una misma magnitud.<sup>7</sup>

Dichos factores de contaminación fueron multiplicados por la cantidad de material a utilizar en la obra respecto al itemizado de esta, estos están en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), metros cuadrados (m<sup>2</sup>), metros lineales (ml), general (gl) y unidad (un). En la tabla 2, se muestra el itemizado considerado para este estudio.

---

<sup>7</sup> Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1, 2006.

Tabla N°2: Itemizado utilizado para cálculo de HdeC.

	Unidad	Cantidad de material	Factor de emisión	Unidad factor de emisión
<b>OBRAS DE CONSTRUCCIÓN</b>				
<b>Fundaciones de hormigón</b>	m3	280	251,5	kgco2eq/m3
<b>Estructura de Hormigón Armado</b>				
Muros de contención, muros y machones	m3	272	296,3	kgco2eq/m3
Pilares, vigas, cadenas	m3	102	296,3	kgco2eq/m3
Losas entrepisos	m3	142	296,3	kgco2eq/m3
Escaleras	m3	4	296,3	kgco2eq/m3
Losas de techumbres	m3	64	296,3	kgco2eq/m3
Antetechos, losetas y otros	m3	22	296,3	kgco2eq/m3
Muro de reacción	m3	34	296,3	kgco2eq/m3
Impermeabilizaciones Igol Primer e Igol Denso	m2	40	0,34	kgco2eq/m2
Escalinata y gradas H.A. escala exterior	m3	4	296,3	kgco2eq/m3
<b>Estructuras de acero</b>				
Estructuras verticales y vigas	kg	116.000	4,6	kgco2eq/kg
Estructuras de techumbres	kg	50.960	4,1	kgco2eq/kg
<b>Hormigones simples y sobrelosas</b>				
Radies	m3	186	196,3	kgco2eq/m3
Rampas y gradas	m3	0	196,3	kgco2eq/m3
Sobrelosas y afinados	m3	37	442,0	kgco2eq/m3
<b>Cubiertas</b>				
Base de cubiertas				
a) Emplacado	m2	1.707	13,7	kgco2eq/m2
b) Aislación	m2	1.707	2,1	kgco2eq/m2
Cubiertas				
PIT 900	m2	1.631	15,9	kgco2eq/kg
Membrana PVC	m2	76	15,9	kgco2eq/m2
Tapacanes	ml	11	5,8	kgco2eq/ml
<b>Aislaciones</b>				
Térmica exterior EIFS	m2	332	2,5	kgco2eq/m2
Aislación de Techumbre	m2	1.707	8,8	kgco2eq/m2
En tabique perimetrales de galpones	m2	262	1,3	kgco2eq/m2
Aislación acústica	m2	0		
Tabiques	m2	600	0,97	kgco2eq/m2
Laboratorio estructuras	m2	166	3,8	kgco2eq/m2

<b>Hojalaterías</b>				
Canales, canaletas	ml	107	11,4	kgco2eq/ml
Forros y botaguas	ml	125	5,7	kgco2eq/ml
Mantas, y sombreretes	gl	1	3,2	kgco2eq/gl
<b>Bajadas de aguas lluvias</b>				
Losa colaborante	m2	41	81,9	kgco2eq/m2
<b>TERMINACIONES</b>				
<b>Estucos y Revestimientos</b>				
Estucos interiores	m2	981	7,3	kgco2eq/m2
Revestimiento PIT 900 prepintado 0,5 mm	m2	600	16,0	kgco2eq/m2
Revestimientos enchape de Mara	m2	400	2,6	kgco2eq/m2
<b>Tabiques no estructurales</b>				
Tabiques tipo Volcometal 100mm	m2	600	20,9	kgco2eq/m2
Tabiques interiores tipo Volcometal 60mm	m2	1.065	16,4	kgco2eq/m2
Tabiques Aluminio-vidrio	m2	195	90,1	kgco2eq/m2
<b>Cielos</b>				
Cielos losa recorridas con yeso estuco	m2	85	0,6	kgco2eq/m2
Cielos falsos de yeso cartón	m2	481	2,6	kgco2eq/m2
Cielos falso tipo americano	m2	940	6,3	kgco2eq/m2
Cielo aleros	m2	188	25,1	kgco2eq/m2
Cielo laboratorio Hidráulica	m2	482	50,9	kgco2eq/m2
Panel PVC para cámara frigorífica	m2	12	6,7	kgco2eq/m2
<b>Pavimentos y pisos</b>				
Palmeta Vinílica 30x30	m2	1.140	12,1	kgco2eq/m2
Palmeta Vinílica 15x120	m2	45	12,1	kgco2eq/m2
Porcelanato	m2	109	40	kgco2eq/m2
Alfombra	m2	92	1,3	kgco2eq/m2
Gradas escalas	m2	32	9,7	kgco2eq/m2
Pavimento plataforma exterior, gradas y planos inclinados	m2	230	9,7	kgco2eq/m2
Cubrejuntas	ml	45	0,6	kgco2eq/m
Tratamiento pavimento laboratorios	m2	1.045	0,7	kgco2eq/m2
Limpiapiés 3M	m2	8	8,6	kgco2eq/m2
<b>Recubrimientos interiores</b>				
Recubrimientos Cerámicos	m2	325	24,8	kgco2eq/m2
Panel PVC para cámara frigorífica	m2	42	6,7	kgco2eq/m2

<b>Ventanas y ventanales</b>				
Ventanal cortina	m2	382	13,8	kgco2eq/m2
Ventanas en rasgos	m2	49	13,8	kgco2eq/m2
Ventanas interiores	m2	162	12,4	kgco2eq/m2
<b>Puertas</b>				
Puertas Aluminio Vidrio	m2	31	11,2	kgco2eq/m2
Puertas terciadas de madera	un	80	0,0	kgco2eq/un
<b>Pinturas y acabados</b>				
Esmalte al agua	m2	4.280	0,4	kgco2eq/m2
Anticorrosivo	m2	1.255	1,0	kgco2eq/m2
Esmalte sintético	m2	300	0,4	kgco2eq/m2
Barniz	m2	350	1,7	kgco2eq/m2
Látex acrílico	m2	981	1,3	kgco2eq/m2
<b>Obras Exteriores</b>				
Pavimento Asfáltico	m2	1.580	585,0	kgco2eq/m2
Pavimento Radier afinado.	m2	55	19,6	kgco2eq/m2
Pavimento Terraza.	m2	40	19,6	kgco2eq/m2
Soleras	ml	326	3,9	kgco2eq/ml
Pavimentos peatonales	m2	214	19,6	kgco2eq/m2
Solerillas.	ml	64	1,2	kgco2eq/ml

## 5.- RESULTADOS

En la tabla N°3, se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis de ciclo de vida de las diferentes actividades que se tomaron en cuenta para este estudio. Como se puede apreciar, las estructuras de hormigón son responsables del 14,4% de las emanaciones, el acero del 33,5% y las obras exteriores de un 42,2%.

Tabla N° 3: Resultados de emanación de CO2 equivalente de las actividades de construcción.

<b>Actividades</b>	<b>KgCO2eq</b>	<b>%</b>
Estructura de Hormigón	317.460	14,4
Estructuras de acero	738.410	33,5
Cubiertas	54.085	2,5
Aislaciones	17.364	0,8
Hojalaterías	1.935	0,1

Bajadas de aguas lluvias	313	0,014
Terminaciones	145.789	6,6
Obras exteriores	931.703	42,2
<b>Total Tonco2eq</b>	<b>2207,06</b>	

Según el análisis de ciclo de vida que se ha realizado para este estudio, ha dado como resultado una emanación de 2207,06 toneladas de dióxido de carbono equivalente, liberados al medio ambiente, a causa de la producción de los materiales utilizados en la construcción del nuevo edificio de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, sede San Andrés. En esta dirección, si pensamos en medidas de mitigación, reparación y/o compensación para con el medio ambiente, sería necesario plantar bosque, ya que esta es la solución más óptima para tal contaminación. En la tabla N°4 podemos ver los años y hectáreas necesarias para mitigar el daño generado. En efecto, de esto, será necesario además contar con un terreno de no menos de 8,5 hectáreas, lo cual no es factible para compensar el daño de este edificio ni tampoco resulta una solución para las construcciones en general. El costo para desarrollar este proyecto es de 2.003.473.793.-<sup>8</sup>, solo para comprar las 8,5 hectáreas necesarias para generar la compensación, el costo sería de aproximadamente 255.000.000.<sup>9</sup> – equivalente a un 12,7 % del total del proyecto.

En la figura 2, se muestra el terreno que se requeriría para tener una solución en 100 años. Necesitaríamos cubrir la mitad del terreno de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Tabla N°4: Hectáreas necesarias por años, para suplir la contaminación.

Contaminación T CO2	Compensación hectáreas				
	100 años	50 años	25 años	10 años	1 año
2207,06	8,5	17	34	85	849

<sup>8</sup> Antecedentes administrativos del edificio.

<sup>9</sup> Se calculó tomando en cuenta un costo de 3000 pesos por metro cuadrado de terreno.



Figura N°2: Superficie necesaria para compensar el daño causado por el edificio en estudio. Google

A demás de esto se considera innovar en el diseño previo a la construcción, tomando en cuenta nuevos materiales y decisiones para causar menos daño al medio ambiente, disminuyendo la HdeC, tales como: construir con perfiles laminados hechos con acero reciclado (4,6KgCO<sub>2</sub>/Kg versus 0,8KgCO<sub>2</sub>/Kg), disminuyendo el factor del ACV considerablemente, en las obras exteriores, podemos utilizar pavimento de hormigón en vez de pavimento asfaltico (0,123 KgCO<sub>2</sub>/Kg versus 6,5 KgCO<sub>2</sub>/Kg) y cambiar la estructura completa del edificio que se creó con hormigón armado por madera contralaminada (CLT), teniendo esta ultima un factor de -0,495TonCo<sub>2</sub>/m<sup>2</sup><sup>10</sup>. En la tabla N°5, se pueden ver los resultados obtenidos cambiando los materiales ya mencionados, obteniendo un resultado alentador para con el calentamiento global de -104,31 TonCO<sub>2</sub>eq.

Tabla N°5: Resultados con materiales propuestos.

Actividades	KgCO <sub>2</sub> eq
Estructura de Hormigón en madera	-681.990
Estructuras de acero reciclado	302.018
Cubiertas	54.085

<sup>10</sup> Factor extraído de un estudio comparativo de la universidad del Bio Bio, *Comparación de la huella de carbono en la construcción de edificaciones de hormigón armado y madera sólida contralaminada.*

Aislaciones	17.364
Hojalaterías	1.935
Bajadas de aguas lluvias	313
Terminaciones	145.789
Obras exteriores en hormigón	56.176
<b>Total TonCO2eq</b>	<b>-104,31</b>

En el grafico N°1, podemos ver los resultados obtenidos de la comparación de utilizar otros materiales dentro del diseño del edificio en estudio.

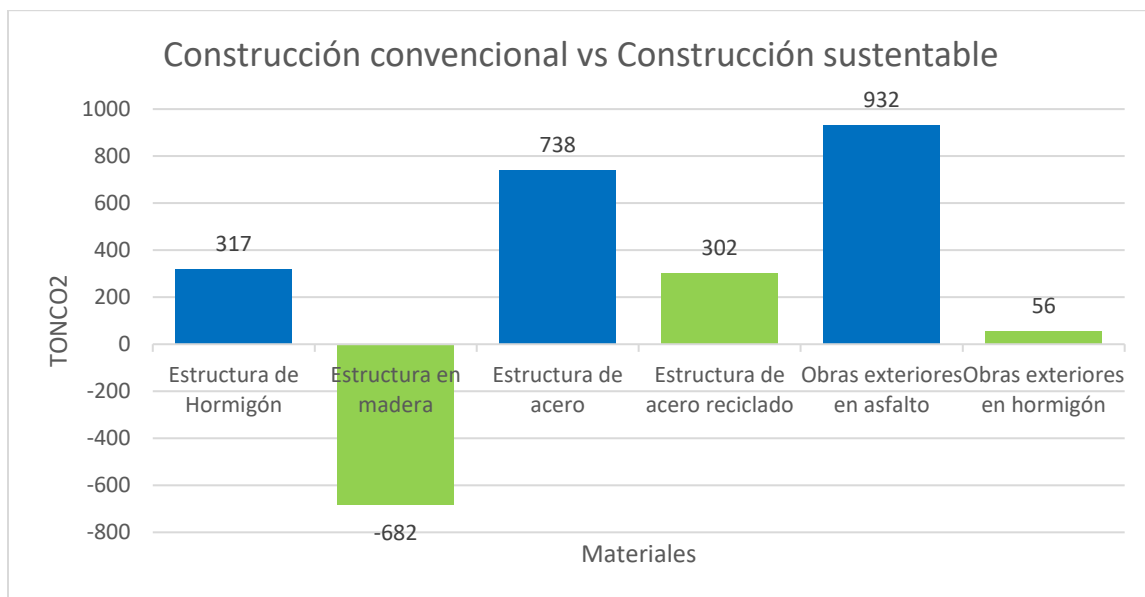


Grafico N°1: En azul podemos ver los materiales utilizados en el edificio versus los materiales que se podrían utilizar para disminuir el impacto ambiental, en verde.

En el grafico N°2, se aprecia el análisis económico de los materiales propuestos llegamos a los siguientes resultados.

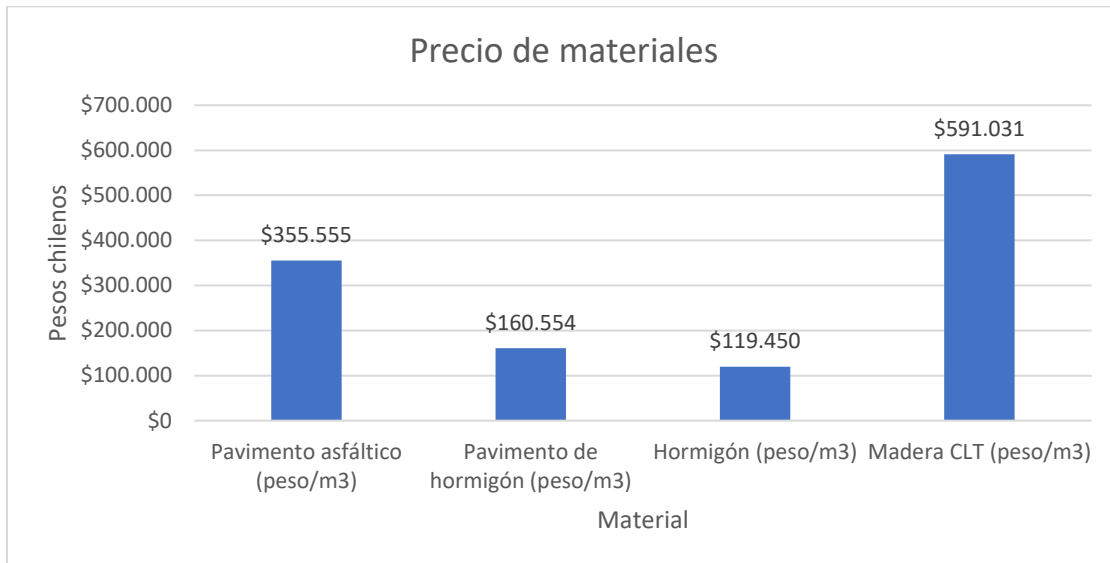


Grafico N° 2: Comparación en pesos chilenos entre los materiales propuestos y los utilizados.

## 6.- DISCUSIÓN

¿Que estamos haciendo como profesionales de la construcción para edificar de manera sustentable?

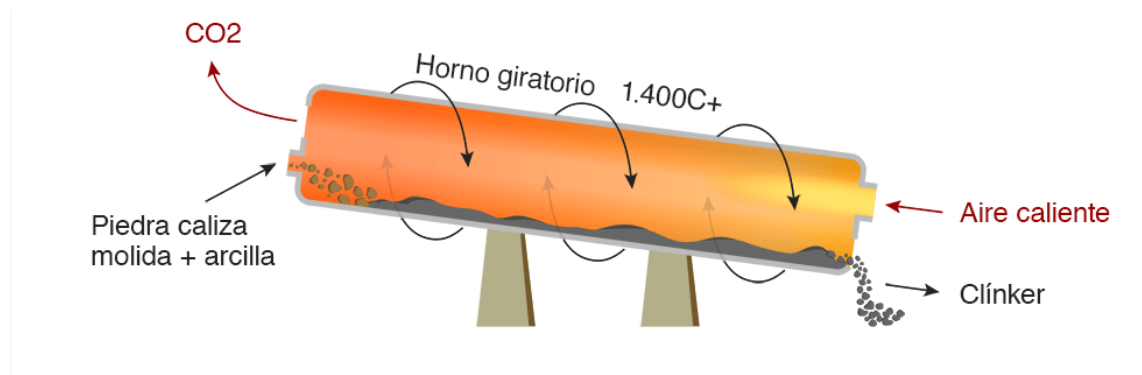
Tomando en cuenta las obras exteriores, estas son responsables de la mayor contaminación que genera la demanda de materiales en el edificio, esto es a causa de un material en específico, el cual es el pavimento asfáltico, dicho material es responsable de contaminar una cantidad de 931,7 TonCO<sub>2</sub> eq. El segundo material que más contaminación genera es el acero, responsable de emanar 738.4 TonCO<sub>2</sub> eq y por ultimo tenemos al hormigón, el cual genera una contaminación de 317,5 TonCO<sub>2</sub> eq.

El acero es el responsable de generar el 33,5 por ciento de la contaminación del edificio, si se hubiese exigido acero reciclado, este porcentaje hubiese disminuido a un 17%, mermando el valor total a 1770,67 TonCO<sub>2</sub>-eq, ahorrándonos una contaminación no menor de 436,4 TonCO<sub>2</sub>-eq. De esta misma manera, si hubiésemos elegido hormigón, para las obras exteriores en vez de escoger pavimento asfáltico, disminuiríamos de 931.7 Ton CO<sub>2</sub>-eq a 56.1 Ton CO<sub>2</sub>-eq. Simplemente tomando dos decisiones, una de usar acero reciclado y dos, la de utilizar pavimento de concreto, nos ahorraríamos en contaminación una suma no menor de 1311,92 Ton CO<sub>2</sub>-eq, reduciendo la contaminación en un 60%. Tomando en cuenta estos dos cambios, la contaminación que produciría

la construcción del edificio, sería de 895,14 Ton CO<sub>2</sub>-eq, lo cual sigue siendo un número importante de emanación.

Si hoy en día hablamos de diseñar una edificación de uno a tres pisos, la solución más rápida es el diseño de hormigón armado, albañilería confinada o armada y/o metalcom. Si hablamos en términos industriales o de almacenamiento, lo primero que se piensa y tal vez lo único, son galpones de perfiles de acero, es la solución más obvia. ¿Por qué?

Por ejemplo, al producir un metro cubico de hormigón estamos liberando al medio ambiente 296.3 Kg CO<sub>2</sub> eq, fuera de esta contaminación directa, estamos alterando los entornos naturales cambiando el uso de suelo para extraer las materias primas necesarias para crear un metro cubico de hormigón. Para este material es necesaria la extracción de áridos para la generación del Clinker (principal componente del cemento portland) como piedra caliza y arcilla, además de arena, grava y agua. En la figura 3, se muestra un esquema de la producción de Clinker.



Fuente: Carbon Brief, Chatham House

BBC

Figura 3: Proceso de producción del Clinker

Al igual que el concreto, existen materiales típicos en la construcción de cualquier edificación como la madera, el acero, el aluminio y el concreto. En el gráfico 2 se muestran los principales materiales de construcción y su potencial de calentamiento global.

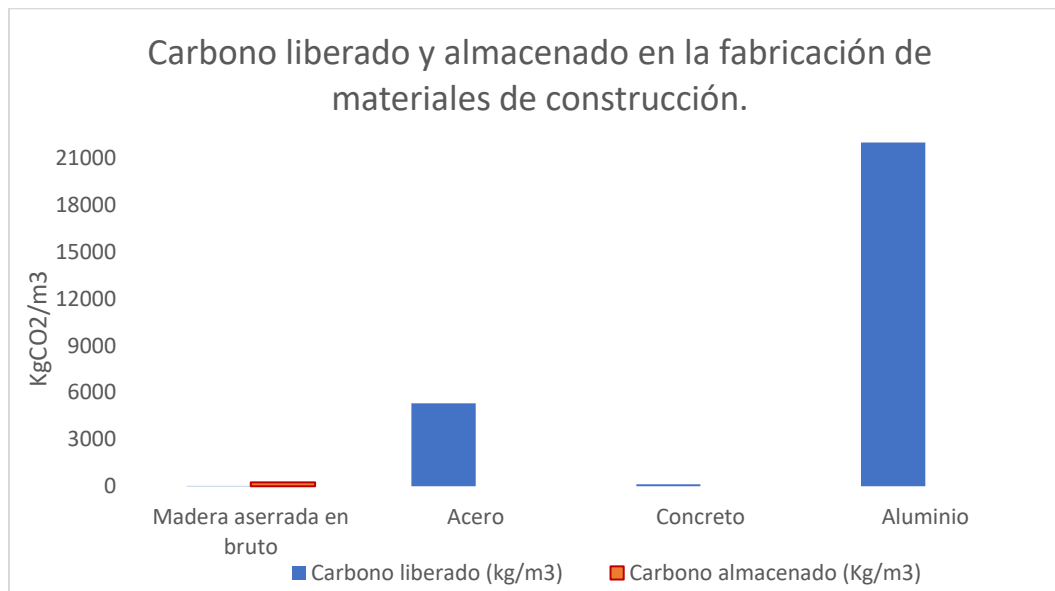


Gráfico 2: Fuente Información: Forest & Wood (2004). Gráfico: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico, el aluminio y el acero son los más contaminantes respecto a este cuadro comparativo y no hay un potencial de carbono almacenado como sí se aprecia en la madera. Tomando en cuenta los dos materiales más bajos en potencial de calentamiento global se analizará en más detalle en el gráfico 3. Podemos observar que para producir un metro cubico de madera aserrada, se libera al medio ambiente 15 KgCO<sub>2</sub>eq pero este a la vez a absorbido durante el ACV 250 KgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> por lo tanto vemos en la madera un potencial negativo en cuanto a HdeC, en cambio el concreto no almacena carbono en el análisis, pero sí tiene un potencial de calentamiento global de 120 KgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>.

La madera presenta una ventaja significativa frente a los materiales estructurales de mayor uso en Latinoamérica: hormigón y acero. Es el único material de construcción renovable, y que, durante el crecimiento del árbol, por cada metro cúbico de madera que produce captura una tonelada de dióxido de carbono, liberando 700 kilos de oxígeno a la atmósfera. Es decir, la madera es un material tan amigable con el medio ambiente que absorbe carbono de la atmósfera en lugar de agregarle más. (eligemadera. 2019).

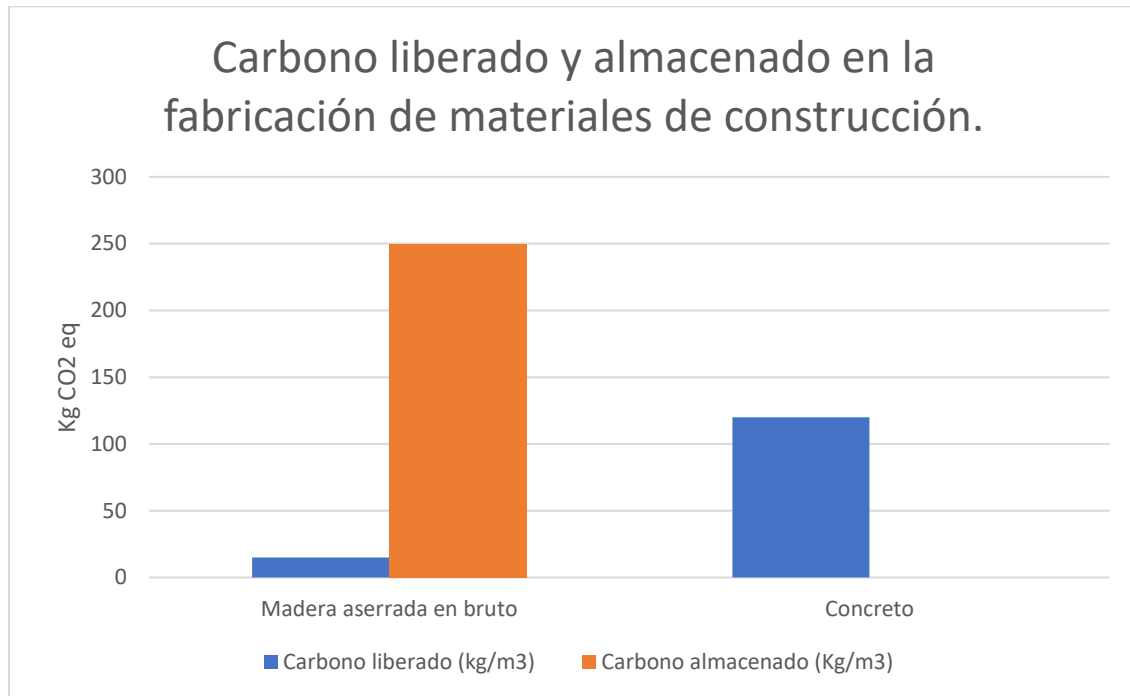


Gráfico 3: Fuente Información: Forest & Wood (2004). Gráfico: Elaboración propia

La madera es un material duradero y viable que ha existido desde el comienzo de los tiempos, siendo esta capaz de reducir considerablemente el gasto energético y emisiones de CO<sub>2</sub> en su producción, desarrollo y término de su vida útil al ser esta reciclable. Promoviendo la madera como material predilecto en obras de edificación es cómo podemos aportar en contra del cambio climático que afecta hoy en día al planeta. De no cambiar los hábitos comunes y corrientes a hábitos más sostenibles dentro de poco más de 10 años, el calentamiento global se disparará de manera incontrolable y de forma irreversible, es la conclusión que sacó el Panel Internacional de Cambio Climático de la ONU que presentó un informe en Corea del sur para limitar la subida de temperatura a 1.5°C para el año 2030 (ALBARADO, MEDINA, 2019). La fabricación de madera utiliza menos energía que la producción de acero u hormigón, reduciendo los gases de efecto invernadero y otras emisiones contaminantes del aire relacionadas con la construcción. ([apawood.s/f](#))

Debido a la ligereza propia de la madera, las construcciones de este material requieren de fundaciones de menores dimensiones, como mínimo un tercio más económicas que las que exigen obras de otros materiales. Además, al tratarse de construcciones que se ejecutan más rápidamente,

se reduce el costo de la mano de obra y, como es un material fácil de trabajar, no suelen necesitarse herramientas caras ni de gran complejidad para obtener resultados óptimos. (madera21, s/f).

La madera, por otro lado, incluso la madera de ingeniería como CLT, que requiere energía adicional para cortar y presionar en secciones, es mucho más respetuosa con el medio ambiente. Según Wood for Good, una organización que aboga por la construcción sostenible de madera, una tonelada de ladrillos requiere cuatro veces la cantidad de energía para producir una tonelada de madera blanda aserrada; el concreto requiere cinco veces, el vidrio requiere 14, el acero 24 veces y el aluminio 126 veces. La madera también funciona mejor: es, por ejemplo, cinco veces más aislante que el hormigón y 350 veces más que el acero. Eso significa que se necesita menos energía para calentar y enfriar un edificio de madera (Risen, 2014).

Según un estudio realizado en la Universidad del Bio Bio, que compara la huella de carbono de un edificio de 4 pisos de hormigón armado versus un edificio de 4 pisos de madera CLT, concluyendo que; el total de emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de 4 pisos de madera sólida contralaminada corresponde a 104 toneladas, las cuales son liberadas al ambiente. Si se considera que la madera genera un impacto negativo en la huella de carbono debido al CO<sub>2</sub> que absorbe en los bosques (538 toneladas), las emisiones generadas durante el proceso constructivo del edificio elaborado a base de CLT representan un total de -434 toneladas de CO<sub>2</sub> (JARA. 2015). En el grafico N°4 podemos apreciar como la madera ayuda a reducir la huella de carbono versus el hormigón armado.

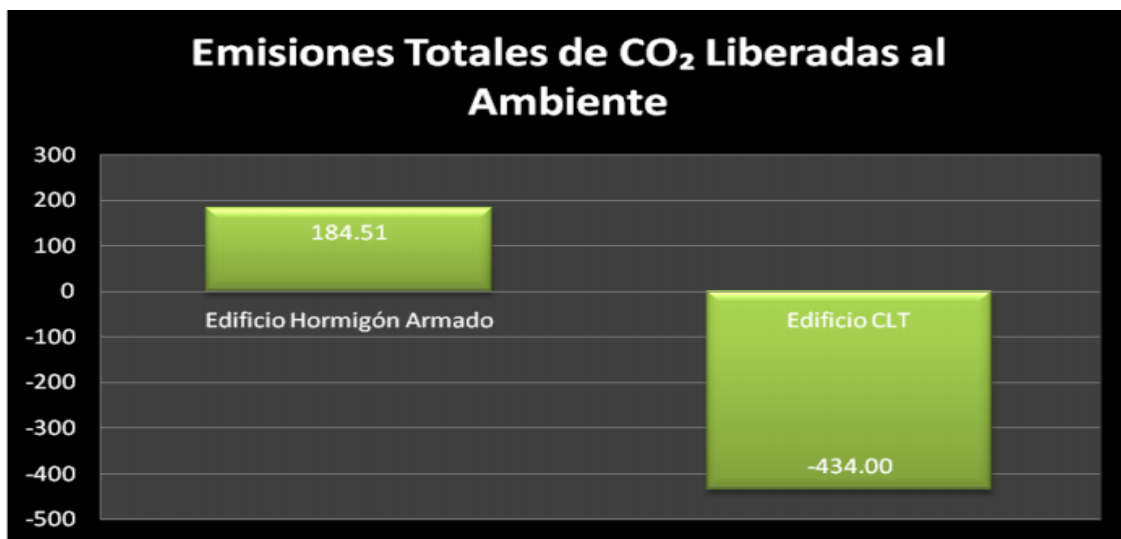


Grafico N°4: Fuente: Jara,2015.

Por lo tanto, ¿qué pasaría si se construye el edificio con madera contralaminada, reemplazando solo el hormigón armado del edificio y reduciendo las fundaciones en un tercio?

Ya sabemos que hemos reducido la contaminación tomando dos decisiones importantes, llegando a un valor de 895,14 Ton CO<sub>2</sub>-eq, si reemplazamos el hormigón por madera CLT, este valor baja a 674,14 y a la vez como ya es sabido, la madera causa una contaminación negativa en cuanto huella de carbono, siendo esta de -778,45 Ton CO<sub>2</sub>-eq y por lo tanto el edificio contribuiría de manera positiva al medio ambiente con un aporte de -104,31TonCO<sub>2</sub>-eq.

A demás de este aporte medioambiental de la madera, se dice que tiene mejor aislación térmica que otros materiales utilizados en la construcción, tal y como se muestra en la figura N°4

La figura 4 muestra que el desempeño de aislación térmica de 8 cm de CLT es equivalente al que se puede alcanzar con 100 cm. de hormigón y con 30 cm. de ladrillo perforado. (madera21, s/f).

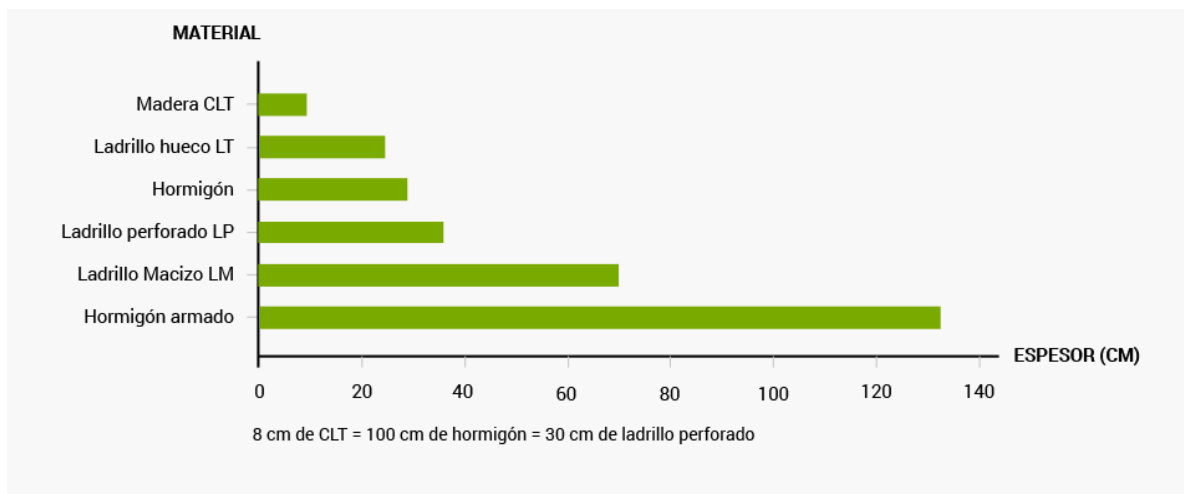


Figura 4: Espesor necesario para igualar la aislación térmica de la madera contralaminada.  
 (madera21, s/f)

Comúnmente se piensa que la madera es más vulnerable al fuego que otros materiales. Lo cierto sin embargo, es que una construcción de madera de ingeniería puede ofrecer excelentes condiciones de seguridad frente a un incendio, y suficiente resistencia al fuego como para evitar que éste se propague y ocurra una falla estructural. Al comportarse de manera más predecible, sus ocupantes pueden contar con un margen de reacción más amplio que en construcciones de otros materiales que tienden a colapsar más rápida y repentinamente.

Todos los materiales sufren algún grado de daño cuando son expuestos a altas temperaturas. En el caso de la madera, sus propiedades aislantes la dotan de cierta resistencia al fuego hasta los 250°C (temperatura a la que el acero ya comienza a debilitarse). Si acaso llega a inflamarse, su baja conductividad térmica hace que se queme muy lentamente, formándose en el exterior una capa de carbón que protege la parte interna y conserva sus propiedades estructurales por más tiempo.

Por último, el mercado ofrece actualmente una serie de productos retardantes que mejoran significativamente el comportamiento de la madera ante el fuego.<sup>11</sup>

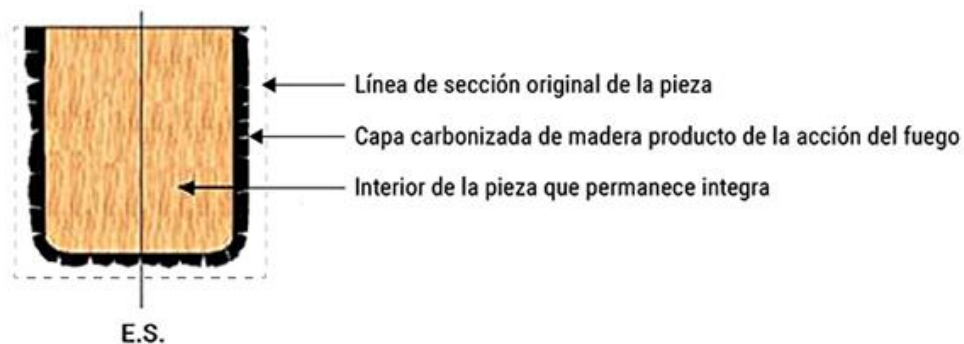


Figura 6: Protección natural de la madera quemada en sección transversal.

Por otro lado, un estudio de la Universidad de Columbia Británica y FPInnovations descubrió que la presencia de superficies de madera visuales en una habitación disminuía la activación del sistema nervioso simpático (SNS). El SNS es responsable de las respuestas de estrés fisiológico en los humanos, como el aumento de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, al tiempo que inhibe el sistema parasimpático responsable de las funciones de digestión, recuperación y reparación en el cuerpo. El estudio sumergió a 119 estudiantes universitarios en uno de los cuatro entornos de oficina diferentes, algunos con superficies de madera y otros sin ellos. El estrés medido por la activación del SNS fue menor en las salas de madera en todos los períodos del estudio. El estudio concluyó que la madera es una forma de crear un ambiente construido más saludable. (Fell. s/f)

Los estudios de evaluación del ciclo de vida (ACV) muestran consistentemente que la madera supera a los materiales que consumen muchos combustibles fósiles, como el acero y el concreto, en

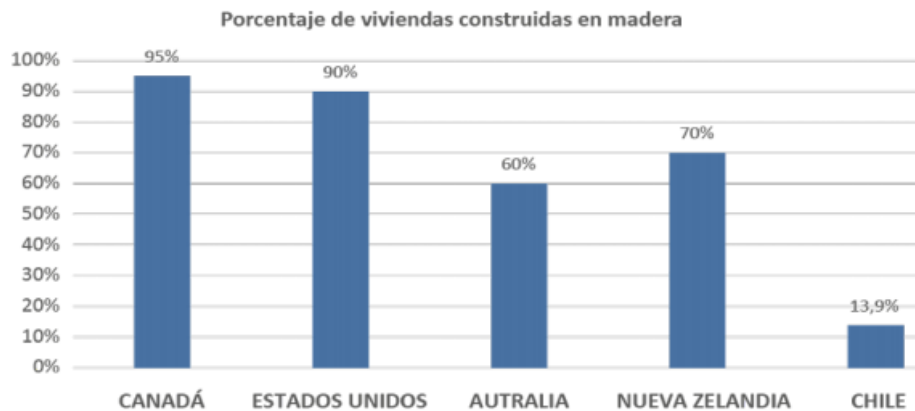
<sup>11</sup> Por ejemplo ver: <http://www.arquitectura-madera.com/revistas/digital/10/#/16/>. O <http://woodsrl.com.ar/?p=27>

términos de energía incorporada, contaminación del aire y del agua, y potencial de calentamiento global. La madera contribuye a la eficiencia energética de un edificio y ayuda a reducir su huella de carbono, y la investigación sugiere que la madera expuesta tiene un efecto positivo en la salud y el bienestar de los ocupantes del edificio. La adaptabilidad de la madera también se traduce en oportunidades de renovación, reutilización y reciclaje. ([woodwork](#), s/f)

Por la ligereza del material y la realización en seco de las faenas, el montaje de sistemas constructivos basados en madera es más rápido que la edificación con otros materiales. Además, el mercado ofrece estructuras prefabricadas de alta precisión que disminuyen aún más los tiempos de ejecución. Se estima que construir con madera puede llegar hasta 50% más rápido que con otros materiales. Por ejemplo el edificio más alto construido con madera “STADTHAUS” se calculó un ahorro de tiempo del 30% en comparación con lo que habría demorado una obra de similares características (ALBARADO, MEDINA, 2019).

Respecto al análisis comparativo de precios, podemos darnos cuenta que existe una gran ventaja económica respecto al pavimento de hormigón con respecto al pavimento asfáltico. Sin embargo, la madera CLT es casi cinco veces más cara que construir con hormigón, por otro lado, el precio utilizado para el metro cúbico de madera CLT, es un aproximado del precio de Europa el cual es de 750 euros. Este precio fue entregado por Jorge Calderón, diseñador industrial de la PUCV, el cual comenta que en este precio está incluido todo respecto a una vivienda de madera CLT (puertas, ventanas, etcétera).

Por último, Chile es un país forestal y como tal debería construir en madera ya que tiene bastante materia prima como para generar más viviendas y edificios en madera y así contribuir de manera positiva al calentamiento global. En la figura N°7, se puede apreciar a países como Canadá y Australia, que construyen mucho más en madera que Chile, que solo tiene un 14% de construcciones en madera.



Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Figura 7: Porcentaje de construcción en madera de diferentes países.

## 7.- CONCLUSIONES

-Para el caso de estudio es muy difícil lograr mitigar el daño causado por la elección de los materiales de construcción, puesto que solo para compensar el nuevo edificio tendríamos que plantar la mitad del campus San Andrés de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

-La construcción hoy en día no es sustentable en Chile, ya que, está siendo más amigable con el ámbito económico, inclusive el aspecto social muchas veces se pasa a llevar a causa del mal diseño, ya sea para abaratar costos o por poco profesionalismo. En aspectos ambientales no estamos haciendo absolutamente nada, y por lo tanto debemos enfocarnos en conocer más los materiales de construcción, sus especificaciones técnicas y crear o investigar sobre el análisis de ciclo de vida para tomar decisiones de qué material es mejor tomando en cuenta los tres aspectos para lograr un desarrollo sustentable. A la vez, es necesario en absoluto dejar de replicar las EETT de los proyectos y enfocarnos en mejorarlos. En consecuencia, de lo mencionado podremos elegir la madera en construcciones de menos de 5 niveles ya que este material tiene una HdeC neutral, es amigable con el medio ambiente y ayuda a las personas a sentirse mejor con su entorno, mejorando así la calidad de vida.

-Si utilizamos la madera en la construcción apuntaríamos también al aspecto medio ambiental y, por lo tanto, lograríamos un método constructivo más sustentable. Además, dejaríamos de alterar el

cambio de uso de suelo, que es consecuencia directa de la toma de decisión de construir prácticamente todo en acero y hormigón armado. Ya sabemos que la extracción de materias primas a causa de estos materiales es de gran impacto, si existe demanda se seguirán alterando entornos naturales para la fabricación de estos, en cambio sí disminuye la demanda del acero y del hormigón, disminuirá considerablemente el cambio de uso de suelo y con ello se liberaría menos CO<sub>2</sub> al medio ambiente, disminuyendo así el calentamiento global a causa de la construcción en el mundo que es responsable del 8% a nivel mundial.

- En consecuencia, tomar medidas en este cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo, pues, nos encontramos en un momento decisivo. Desde pautas meteorológicas cambiantes, que amenazan la producción de alimentos, hasta el aumento del nivel del mar, que incrementa el riesgo de inundaciones catastróficas, los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes. Si no se toman medidas drásticas desde hoy, será más difícil y costoso adaptarse a estos efectos en el futuro (NACIONES UNIDAS, 2019). Estas declaraciones afirman que, en un futuro, y mientras más pasa el tiempo, será más difícil adaptarse al medio, lo que afectará notablemente la vida en nuestro planeta, no siendo afectado sólo el ser humano, sino también todo ser vivo.

- La construcción sustentable debiera centrarse en minimizar la cantidad de recursos que consumen actualmente los edificios habitacionales durante su ciclo de vida. Recursos que, en su mayoría, no son renovables y su utilización tiene repercusiones directas en el ambiente, a saber, cargas ambientales a escala local y global. Impactos ambientales que derivan además en impactos sociales y económicos, siendo de este modo la eficiencia en el uso de la energía característico de las construcciones sustentables (Hernández y Meza, 2010). La razón del impacto tan considerable de la construcción radica en los procesos de edificación, desde la fabricación de materiales, pasando por su construcción y posterior uso, hasta la demolición (Antonio, Javier y Madelyn, 2016).

- A la vez, crece la necesidad de construir de una mejor forma para con el medio ambiente. Es por esto que, en conjunto arquitectos, ingenieros y constructores, debemos trabajar para lograr la sustentabilidad con respecto a nuestro ámbito profesional y así lograr reducir el impacto ambiental que se está ocasionando a causa nuestra. Esto parte desde el diseño de arquitectura e ingeniería y a la vez la discusión con ingenieros constructores para analizar su factibilidad en la ejecución.



Simposio de Habilitación Profesional  
Departamento de Ingeniería Civil  
16 de octubre de 2019

-Para lograr un desarrollo sustentable en la construcción es necesario que los profesionales relacionados en esta área avancemos en conjunto- ingenieros, arquitectos y constructores- para así mejorar el desarrollo constructivo desde la fase de diseño hasta la fase de ejecución.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Arena A., and de Rosa C. (2003). *Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza—Argentina*. Building and Environment, 38(2), 359–368. doi:10.1016/S0360-1323(02)00056-2.
- Antonio Guerrero, Javier Muñoz, Madelyn Marrero (2016.). *Incorporación de huella de carbono y huella ecológica en las bases de costes de construcción*. “Estudio de caso de un proyecto de urbanización en Écija”, España.
- Argüello Teresa, Aragüelles Beatriz, Badillo Rosa (2013). *Análisis de Ciclo de Vida y Ecodiseño para la construcción en México*. México: Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.
- Albarado Felipe, Medina Milton (2019). *Madera sustentable como material de construcción de edificaciones contra el cambio climático*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María
- Berrón Ferrer, Gerardo E (2003). *Importancia de incorporar conceptos ambientales en el diseño y construcción de obras civiles*, México: Universidad autónoma de Yucatán.
- Cambio global España 2020/50, Sector edificación (2010). *Programa Cambio Global España 2020/50 del Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental de la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid*, Madrid.
- Espíndola César, y Valderrama José O. (2012). *Carbon Footprint. Part 1: Concepts, Estimation Methods and Methodological*. Complexities. Información tecnológica, 23(1), 163-176.
- Espíndola César, Valderrama José O y Quezada Rafael. (2011). *Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias*. Formación universitaria, 4(3), 3-12.
- Espíndola César, y Valderrama José O. (2012). *Huella del Carbono. Parte 2: La Visión de las Empresas, los Cuestionamientos y el Futuro*. Información tecnológica, 23(1), 177-192.
- Hernández P (2010). *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LCZEB)*. Energy and Buildings, 42:815-821.
- Meritxell Bellart y Sara Mesa. (2009). *Impacto Ambiental y Ciclo de Vida de los materiales de Construcción*. Catalunya.

- Roche P (2010). *Calculating greenhouse gas emissions for buildings: analysis of the performance of several carbon counting tools in different climates*. Informes de la construcción. Vol. 62, 517, 61-80.
- UNE-ISO 14064-1, 2006, Gobierno vasco, junio del 2012.
- Zabalza, I., Aranda A., Scarpellini S. (2009), *LCA in buildings: State-of-the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. *Building and Environment*. 44; 2510-20.
- Zabalza I., Aranda A. and Scarpellini S. (2009), *Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. *Building and Environment*. 44(12), 2510–2520. doi:10.1016/j.buildenv.2009.05.001.

## LINKOGRAFÍA

- Apawood. (s/f). Edificio verde: Por qué la madera es un material de construcción sostenible superior. Tacoma, Washington. Rescatado de: <https://www.apawood.org/green-building>). Agosto 2019.
- Carbón Trust (2007). Rescatado de: <https://www.carbontrust.com/client-services/advice/footprinting/>. Agosto 2019.
- Chiledesarrollosustentable. (2011). Desarrollo Sustentable. Rescatado de: <https://www.chiledesarrollosustentable.cl/desarrollo-sostenible/desarrollo-sustentable/>
- Consorciolechero. (s/f). Programa Sustentabilidad. Osorno, Chile. Rescatado de: <https://consorciolechero.cl/sustentabilidad/>. Agosto 2019.
- Eligemadera. (2019). Presentación del curso. Chile. Rescatado de: <https://eligemadera.com/lessons/presentacion-del-curso/>. Agosto 2019.
- Fell, D (s/f). Ambiente Ocupante. Rescatado de: <https://www.woodworks.org/sustainable-design/occupant-environment/>) Agosto 2019.
- Forest & Wood products research and development corporation. (2004). *Environmental properties of timber summary report*. Rescatado de: [http://www.wpv.org.au/6star/docs/PN005\\_95\\_Environmental\\_Properties\\_of\\_Timber.pdf](http://www.wpv.org.au/6star/docs/PN005_95_Environmental_Properties_of_Timber.pdf). P,6.
- Haya E (2016). *Análisis ciclo de vida. Escuela de organización industrial*. Rescatado de: <http://www.eoi.es>. Agosto 2019.



- Madera21. (s/f) Por qué madera: Por sus ventajas medioambientales. Corporación Chilena de la Madera (Corma). Chile. Rescatado de: (<https://www.madera21.cl/2757-2/#1480605418063-212f1493-810c> . Agosto 2019.
- Madera21. (s/f) Por qué madera: En construcción, por sus numerosas cualidades. Corporación Chilena de la Madera (Corma). Chile. Rescatado de: <https://www.madera21.cl/2757-2/#1480607028144-5a39a59d-9b89>). Agosto 2019.
- Naciones Unidas, Cambio climático, Consulta: septiembre 2018, Rescatado de: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>>. Agosto 2019.
- Risen, C. (2014). El material de construcción más avanzado del mundo es... madera. Rescatado de: <https://www.popsoci.com/article/technology/world%E2%80%99s-most-advanced-building-material-wood/>. Agosto 2019.
- WoodWorks. (s/f). Diseño sostenible. Washington, DC. EE. UU. Rescatado de: <https://www.woodworks.org/sustainable-design/>. Agosto 2019.

**ANEXOS**

**ANEXO N°1.**



**Vista panorámica ubicación de Google Maps de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.**