



CONCURSO INGENIERÍA

VI CONCURSO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN 2019

MEMORIAS, INVESTIGACIONES, PROYECTOS DE TÍTULO, PATENTES

El VI Concurso de Ingeniería Madera21 de CORMA 2019 invita a presentar investigaciones relacionadas de manera directa o indirecta con la utilización de la madera y sus productos asociados en los ámbitos de ingeniería estructural, forestal, bioquímica, construcción, inmobiliario y otros relacionados.

SEMANA DE LA

MADERA 2019

ARQUITECTURA - DISEÑO - INGENIERÍA - INNOVACIÓN - EMPRENDIMIENTO

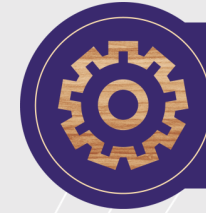


Equipo #0000

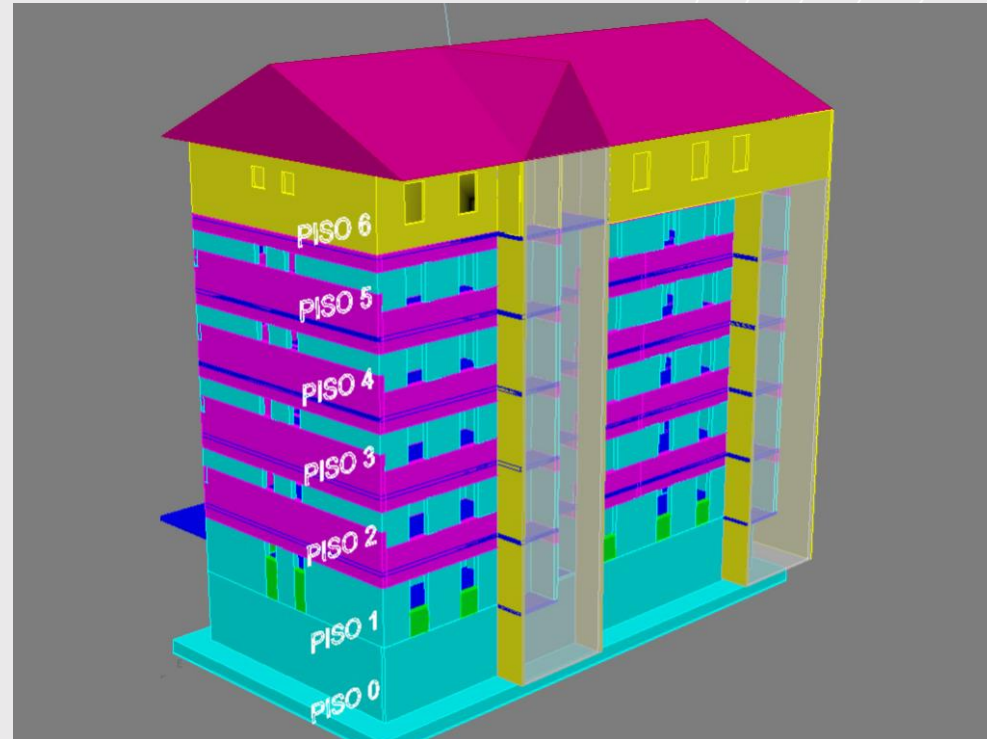
EQUIPO ING690

TITULO DE PROYECTO

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA DE EDIFICIO EN CLT,
ENFOCADO EN ESTRUCTURA, CONSTRUCCIÓN Y APORTE DE CO2



CONCURSO
INGENIERÍA



1. Presentación del caso original

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (\$)
Proyectos	28.501.483
Obras provisionarias y trabajos previos	6.968.586
Obra gruesa	153.390.725
Terminaciones	154.341.551
Equipamiento	10.932.864
Instalaciones	68.899.094
Obras exteriores	20.661.094
Costos directos	442.325.655
Gastos generales (17,13%)	70.885.554
Imprevistos (8,0%)	33.121.538
Total neto	546.332.747
IVA (19%)	103.803.222
Total presupuesto	650.135.969
Superficie (m ²)	1.318
\$ / m ²	493.443
Valor UF de referencia al enero del año 2012	22.447

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (DÍAS)
Obras provisionarias y trabajos previos	22
Obra gruesa	138
Terminaciones	132
Equipamiento	50
Instalaciones	180
Obras exteriores	50



2. Propuesta CLT: Cumplimiento de la reglamentación térmica, acústica e ignífuga

Reglamentación ignífuga

CLT STRESS GRADE AND THICKNESS		EXPERIMENTS FAILURE TIMES (min.)	CANADIAN CALCULATION METHODOLOGY		
			STRUCTURAL (min.)	INTEGRITY (min.)	ASSIGNED FIRE RESISTANCE (min.)
Wall	E1-175 mm (5-ply)	186(R)	147	154	147(R)
Floor	V2-175 mm (5-ply)	124(E)	125	124	124(E)

(R) : Structural failure (mechanical resistance) - (E) : Integrity failure (panel-to-panel-joints)

✓ Independiente del tipo de falla, se cumple con los mínimos requeridos

2 - Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera: **F120**

4 - Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta): **F120**

5 - Elementos soportantes verticales: **F120**

6 - Muro no soportantes y tabiques: **F30**

7 - Escaleras: **F60**

8 - Elementos soportantes horizontales: **F120**

9 - Techumbre incluido cielo falso: **F60**

FUENTE: ASTM E119 y libro "CLT Handbook" versión canadiense.



2. Propuesta CLT: Cumplimiento de la reglamentación térmica, acústica e ignífuga

Reglamentación acústica

NÚMERO DE CAPAS	ESPESOR (Pulg) - (mm)	TIPO ELEMENTO	STC	IIC
3	3.74-4-53 (95-115)	Wall	32-34	N/A
5	5.75 (146-175)	Floor	39	24

- ✓ “Sound transmission class” (STC) - “Impact insulation class” (IIC).
- ✓ **Requerimiento de aislante acústico debido a que no cumple con la reducción acústica mínima.**

Reglamentación térmica

REVESTIMIENTO EN MUROS – CAPAS DE INTERIOR A EXTERIOR			
Capa	Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (λ) – (W/m*k)
1	CLT	17,5	0,13
2	Poliestireno Expandido D=20 Kg/m ³	5,0	0,034
3	Tinglado de fibrocemento imitación madera	0,6	0,23

ZONA	TECHUMBRE		MUROS	
	EXIGIDO	LOGRADO	EXIGIDO	LOGRADO
	Rt	Rt	Rt	Rt
	m ² k/W	m ² k/W	m ² k/W	m ² k/W
5	3,03	5,01	0,63	1,51

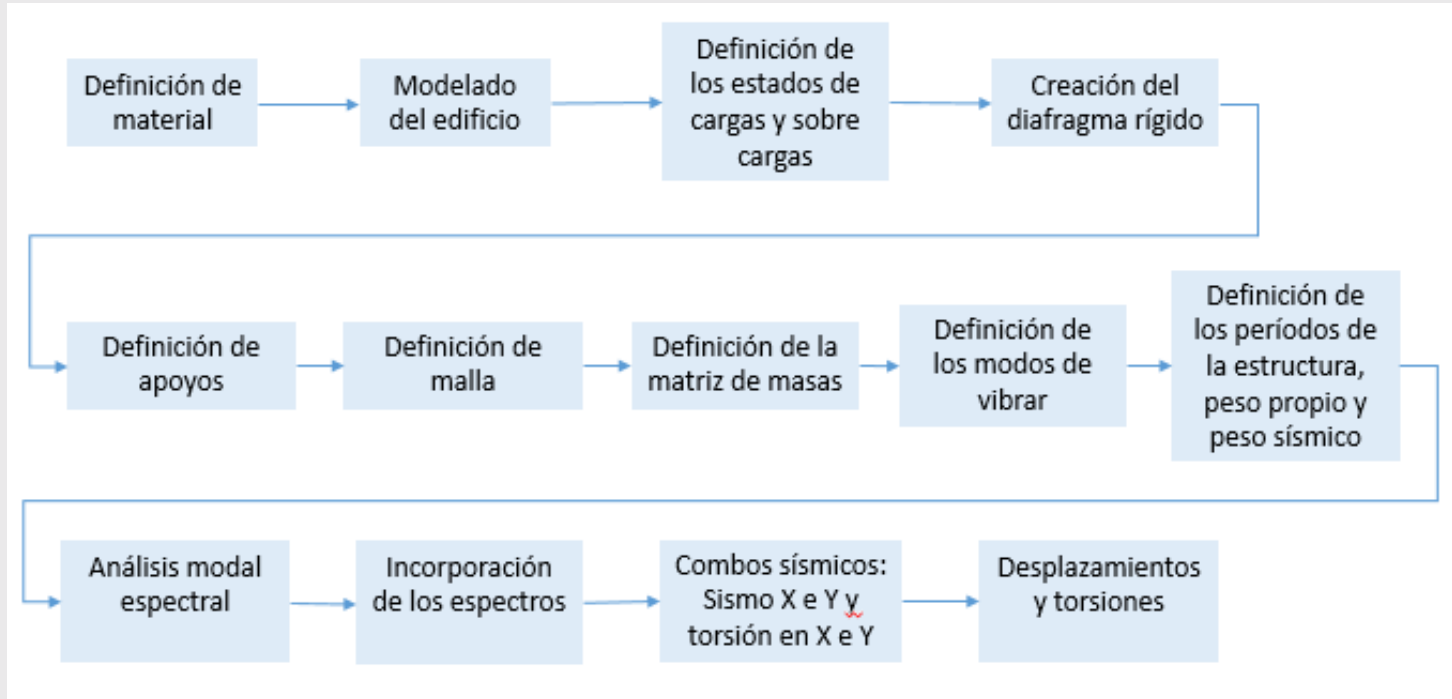
Cálculos basados en la metodología definida en la Nch 853 of 2007 – “Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”

- ✓ Es posible dejar el CLT a la vista exteriormente, pero no se recomienda debido a las condiciones climáticas.
- ✓ **Es posible reducir el espesor de la aislación térmica en complejo de techumbre y muros con respecto a proyecto original.**



3. Definición estructural de la propuesta

Análisis dinámico (Por torsión accidental en base al software ETABS 9.7)



- ✓ NCh 1537 Of2009: "Diseño estructural de edificios - Cargas permanentes y sobrecargas de uso".
- ✓ NCh 433 Of1996 modificada en el 2009 "Diseño sísmico de edificios".
- ✓ DS61 del año 2.011: "Aprueba reglamento que fija el diseño sísmico de edificios y deroga decreto nº 117, de 2010".
- ✓ Revisiones de Hernán Arnés, Héctor Navarrete, Bryan Palominos y Mario Yáñez.
- ✓ Base de datos del software "RFEM" de la empresa Dublal.

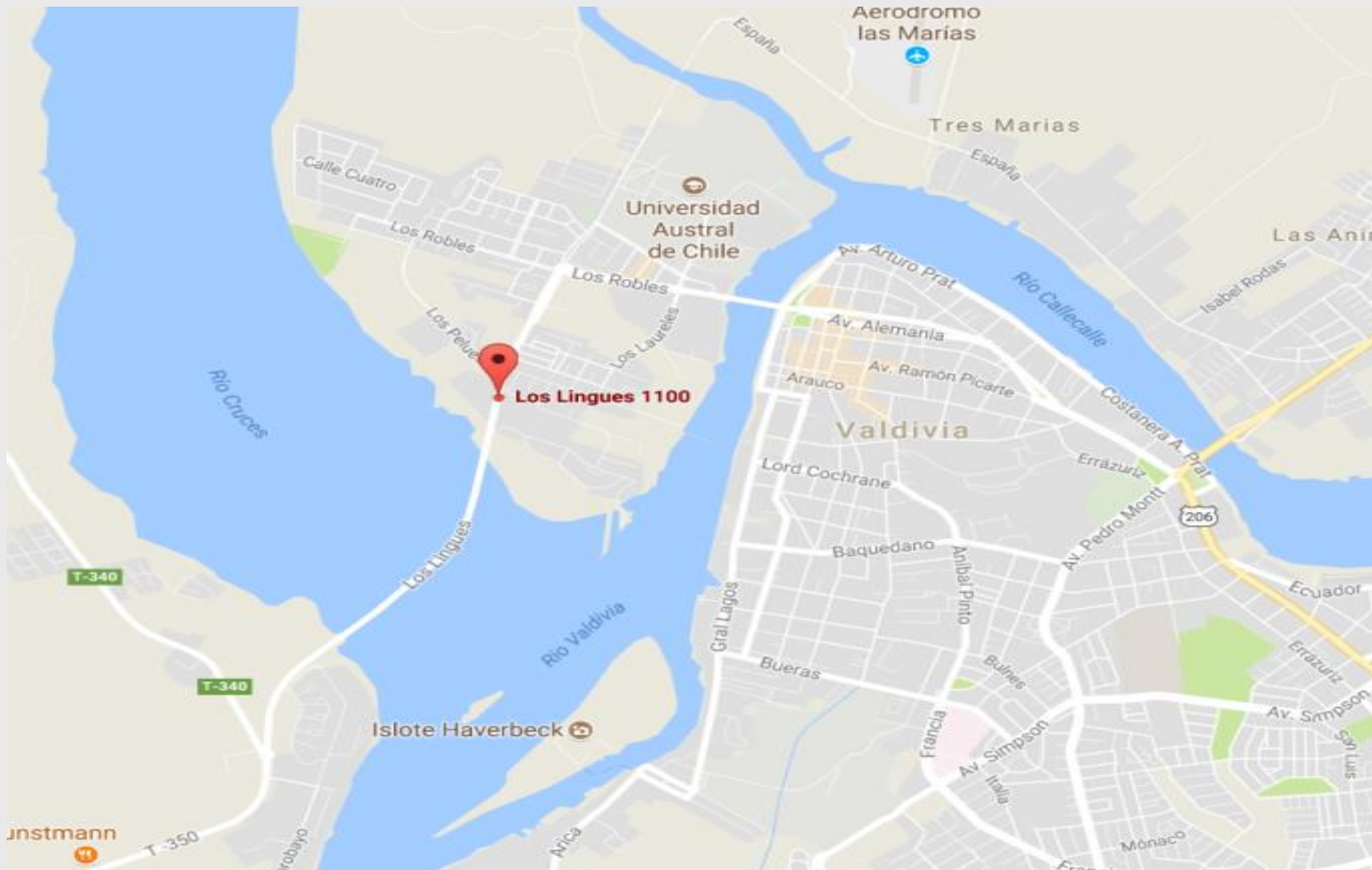


PISO	DESVÍO DEL DIAFRAGMA		EXIGIDO
	X (mm)	Y (mm)	X e Y (mm)
3	0,97	1,25	5,1

- ✓ Artículo 5.9.3 de la NCh433 Of1996 modificada en el 2009: Desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, medido en cualquier punto de la planta en cada una de las direcciones de análisis, no debe exceder en más de 0,001 h al desplazamiento relativo correspondiente medido en el centro de masas, en que h es la altura de entrepiso.

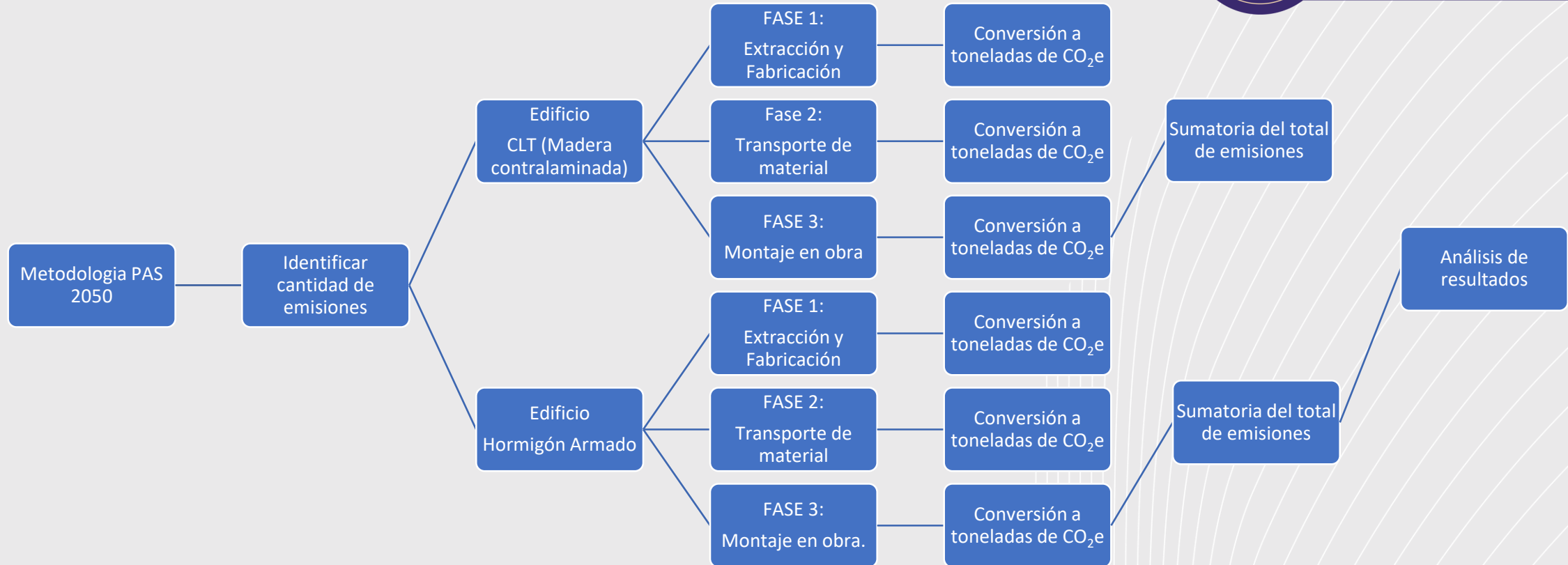
PISO	DESVÍO DEL PUNTO		EXIGIDO
	X (mm)	Y (mm)	X e Y (mm)
3	0,97	1,25	2,57

4. Transporte, modulación de los paneles y propuesta de montaje



- ✓ Distancia referencial se toman dos escenarios de transporte para los paneles de CLT: el caso A, **15 kilómetros** entre la planta de fabricación a la ubicación del edificio, y el caso B, **504 kilómetros** entre la planta de Celulosa Arauco ubicada en constitución a la ubicación del edificio
- ✓ Se propone rampla de 12 m donde en cada transporte se pueden movilizar 15 paneles, por lo que se requiere un total de **6 viajes**.
- ✓ No se requiere escolta policial y se puede llevar el total de módulos en **2 días de transporte**.
- ✓ Costo total del transporte: **\$390.000** más IVA.

5. Metodología para cuantificación de la huella de carbono producida por los casos en estudio.



Fuente: Elaboración propia en base a la guía metodológica, PAS 2050.

6. Comparativa de costo y plazo de ambas propuestas

Comparativa de actividades en obra gruesa y terminaciones

OBRA GRUESA	COSTO (\$)			PLAZO (días)			HUELLA DE CARBONO PRODUCIDA					
	Hormigón armado	Fundaciones	Total	Hormigón armado	Fundaciones	Total	Fase 1	Fase 2 Caso A	Fase 2 Caso B	Fase 3	Total Caso A	Total Caso B
Proyecto Original	85.822.664	25.176.074	110.998.738	53	25	78	181	20	20	500	702	702
Propuesta en CLT	156.332.254	12.087.610	168.419.864	35,5	18	53,5	139	11	58	116	266	313

✓ Ahorro en gastos generales proyecto CLT: \$8.727.115.

✓ Aumento de costo proyecto CLT: \$57.421.126.

TERMINACIONES	COSTO (\$)				PLAZO (días)			
	Revestimientos exteriores y aislación	Revestimientos interiores	Pinturas y barnices	Total	Revestimientos exteriores y aislación	Revestimientos interiores	Pinturas y barnices	Total
Proyecto Original	15.527.331	30.948.072	17.854.748	64.330.151	38	82	40	160
Propuesta en CLT	12.997.125	25.175.110	9.369.683	47.541.918	38	41	40	119

✓ Ahorro en gastos generales proyecto CLT: \$14.604.562.

✓ Ahorro de costo proyecto CLT: \$16.788.233.

7. Comparativa final



- ✓ **Costo** de las actividades evaluadas en proyecto original: **\$177.501.389.**
- ✓ **Costo** de las actividades evaluadas en proyecto CLT: **\$ 215.961.782.**
- ✓ **Ahorro** total en gastos generales propuesta CLT: **\$23.331.677.**

- ✓ **Costo** final propuesta CLT: **\$192.630.105.**
- ✓ **Diferencia de costo** entre ambas propuestas: **\$15.128.716.**

- ✓ **Plazo** de ejecución de las actividades evaluadas en proyecto original: **238 días.**
- ✓ **Plazo** de ejecución de las actividades evaluadas en proyecto original: **172,5 días.**
- ✓ **Disminución del plazo** entre ambas propuestas: **65,5 días.**

- ✓ **Huella de carbono** producida en etapa de Obra Gruesa en proyecto original: **702 TonCO2e**
- ✓ **Huella de carbono** producida en etapa de Obra Gruesa en proyecto de CLT caso A: **266 TonCO2e**
- ✓ **Huella de carbono** producida en etapa de Obra Gruesa en proyecto de CLT caso B : **313 TonCO2e**
- ✓ **Diferencia en producción de la huella de carbono en Obra gruesa** entre ambas propuestas en caso A: **62% en reducción.**
- ✓ **Diferencia en producción de la huella de carbono en Obra gruesa** entre ambas propuestas en caso B: **55% en reducción.**