Research Fund for Coal & Steel

LVS 3

Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

Amplia Valorización de Sostenibilidad de Estructuras de Acero

CASOS DE ESTUDIO

CRM GROUP

Junio 2014

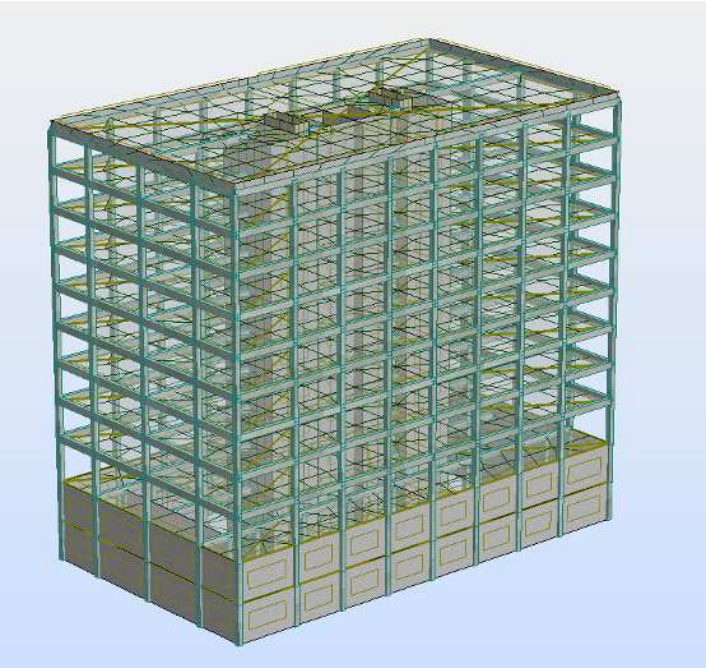
Índice

1) Edificio de oficinas: Edificio de oficinas típico en Francia

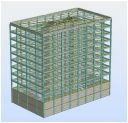
2) Edificio residencial: vivienda Casa Buna en Rumanía

3) Nave industrial: Estructura con pórticos de Acero y Hormigón en París

Edificio de oficinas: Edificio de oficinas típico en Francia



Alcance del estudio

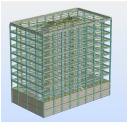


El Objetivo del estudio es comparar la calidad medioambiental de un edificio de oficinas realizado con diferentes tipos de estructuras.

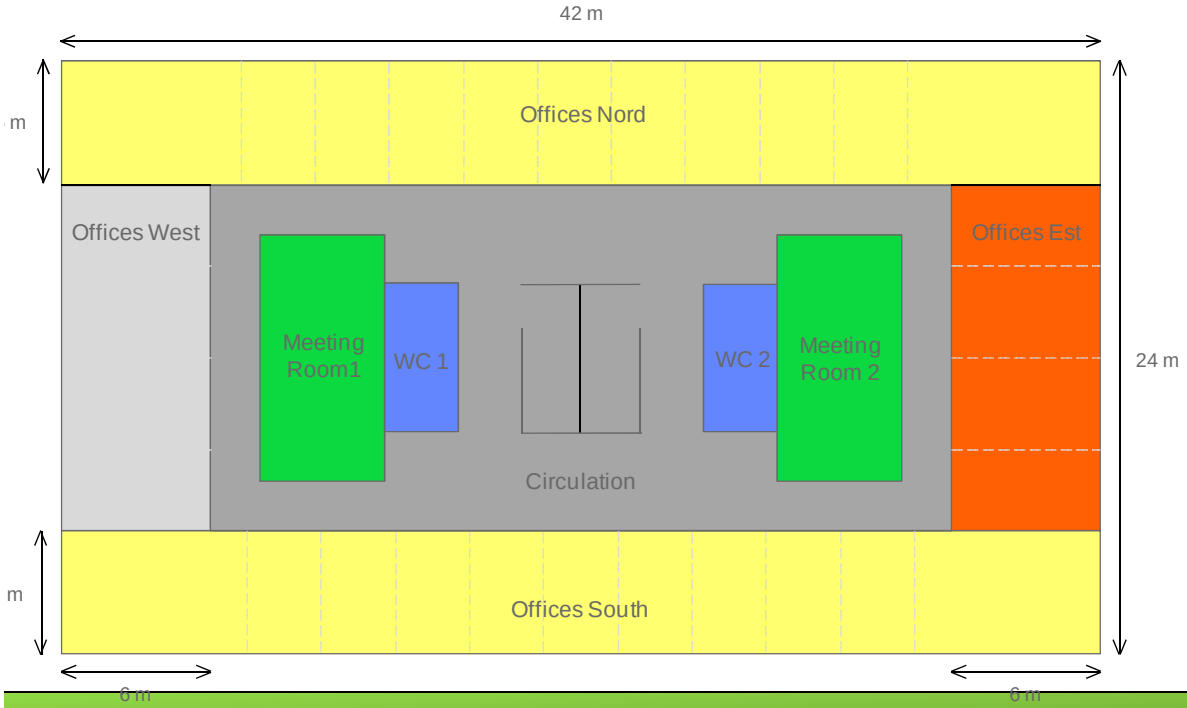
Se analizan tres tipos de sistemas estructurales:

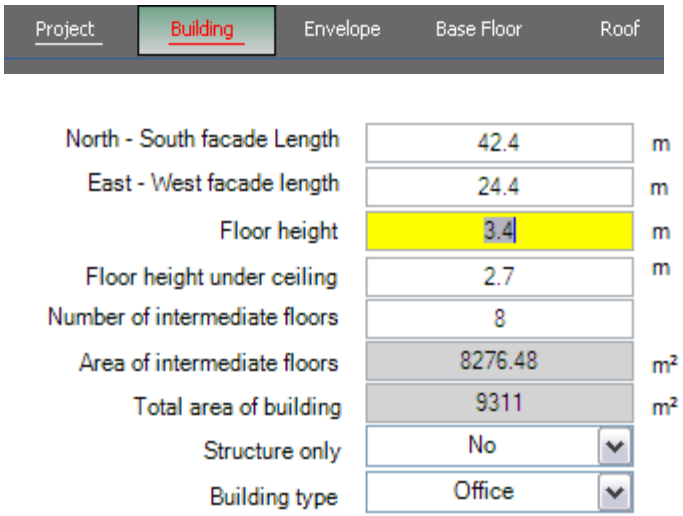
- Estructura mixta acero-hormigón
- Estructura de hormigón
- Estructura mixta acero-hormigón optimizada (esta optimización se ha hecho sobre una base de ECO-Diseño)

Definición del edificio

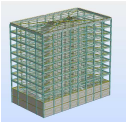


- Superficie en planta del edificio: 42x24 m
- Número de plantas en la superestructura (excluyendo forjado inferior en planta baja): 8 plantas
- Situado en Paris





Elementos de la Envolvente

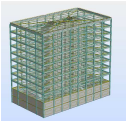


	Norte/Sur [m²]	Oeste/Este [m2]	Suma [m2]
Muros	908	523	1431
Ventanas	389	224	613
Superficie Total	1297	747	4088

Facade					
Direction	North	East	South	West	
Facade area	1297,44	746,64	1297,44	746,64	m²
Opening area	30	30	30	30	%

- Fachada: paneles ligeros de acero, con 50mm de aislamiento de poliestireno extruido (XPS)
- Ventanas: doble acristalamiento, con protección solar parcial
- Cubierta: aislada con 18cm de poliestireno expendido (EPS)

Ocupación y Sistemas de climatización



Tipo de Edificio de Oficinas

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

- Calefacción y refrigeración: sistema doble
- Ventilación mecánica con sistema de recuperación de calor
- Sistema ACS: caldera eléctrica

Description of building systems

Heating system

Heating system type	Split (heating)

Cooling system

Cooling type system	Split (cooling)

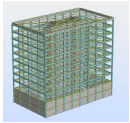
Mechanical ventilation system

Heat recovery system	Yes
Heat recovery percentage	80

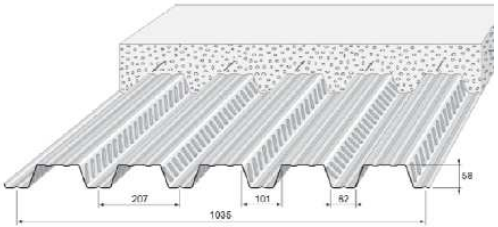
DHW system

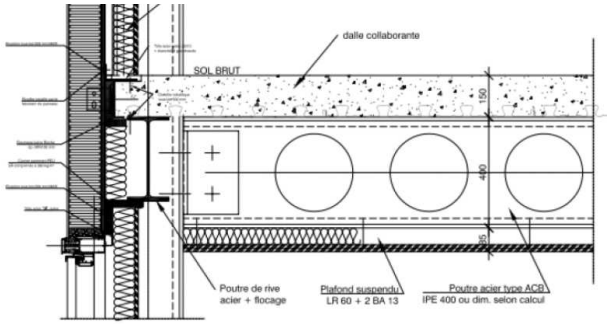
DHW system type	Electric boiler

Diseño estructural

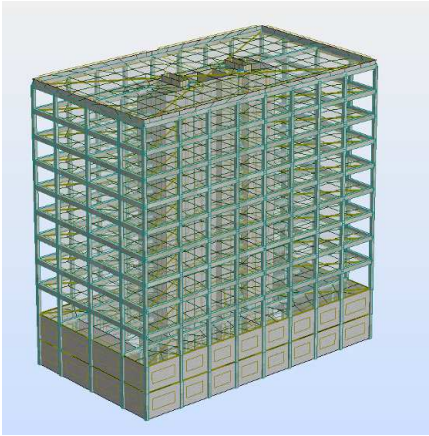


- Sistema estructural mixto Acero y Hormigón
  - Vigas alveolares mixtas con acero S355
  - Forjado colaborante COFRA+60 con 15 cm de hormigón (C30/37)
  - Rigidización mediante núcleo central de hormigón (C30/37)

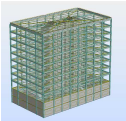




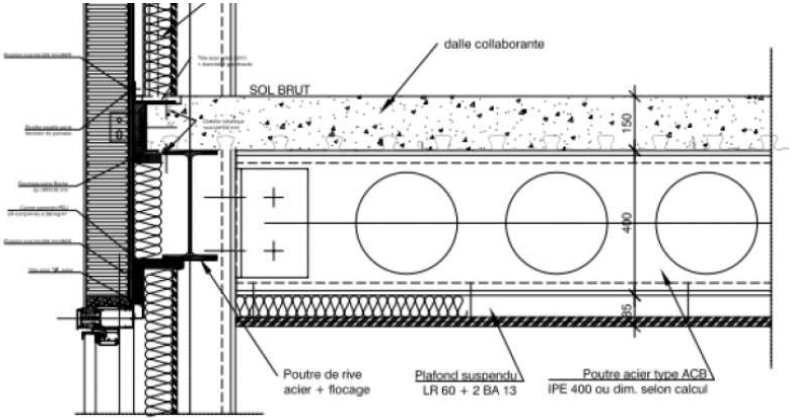
- Estructura de hormigón
  - Vigas y columnas hormigón armado (C30/37)
  - Losas alveolares prefabricadas (C30/37)
  - Rigidización mediante núcleo central de hormigón (C30/37)

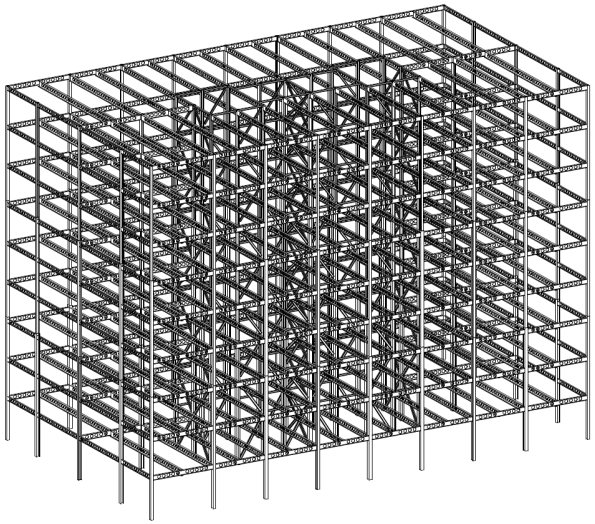


Diseño estructural

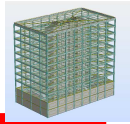


- Estructura compuesta eco-optimizada
  - Vigas alveolares mixtas con acero S460
  - Forjado colaborante COFRA+60 con 15 cm de hormigón (C30/37)
  - Rigidización mediante arriostramientos de acero en el núcleo central (S460)





Superestructura del edificio de oficinas

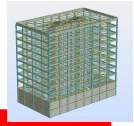


Componentes estructurales	Variante 1 Estructura mixta	Variante 2 Estructura de hormigón	Variante 3 Estructura mixta eco-optimizada
Elementos principales	239.9 t perfil de acero	1199 t hormigón	197.1 t perfil de acero
Conexiones con chapa de acero	14.994 t	/	11.827 t
Armadura de acero	/	59.1 t	/
Núcleo de hormigón	Hormigón C30/37 1941 t Armadura de acero 44.16 t	Hormigón C30/37 1941 t Armadura de acero 44.16 t	/
Núcleo de acero	/	/	Perfiles de acero 75.46 t Conexiones chapa de acero 6.037 t

Bearing structure of the building

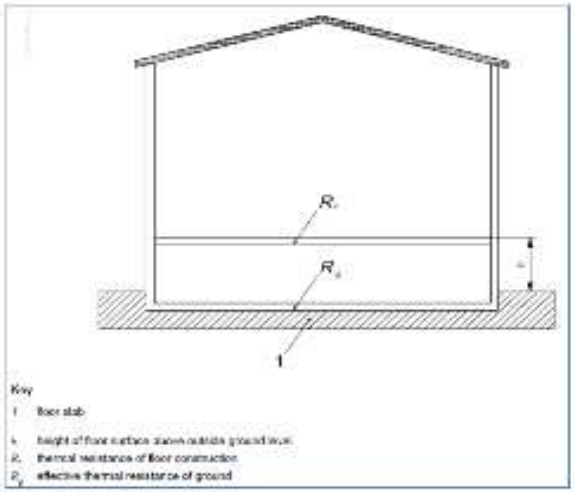
Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	239.9	t
Columns (Hot rolled profiles)	0.0	t
Studs	0.0	t
Bolts	0.0	t
Plate Connections	14.99	t

Losa de forjado del edificio de oficinas

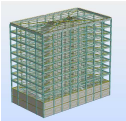


Componentes estructurales	Variante 1 Estructura mixta	Variante 2 Estructura de hormigón	Variante 3 Estructura mixta eco-optimizada
Elementos de acero	Cofraplus 60 : 70.6 t	/	Cofraplus 60 : 70.6 t
Espesor total	150 mm	240 mm + 70mm of recrecido	150 mm
Hormigón en forjados	2246 t	4688 t	2246 t
Armadura de acero	16.56 t	16.56 t	16.56 t

Steel elements		
Type of slab	Composite slab	
Steel deck	Cofraplus 60	
Thickness of the deck	0.750	mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm
Concrete elements		
Total depth of the floor	150.0	mm
Concrete Type	In-situ/Poured	
Concrete Grade	C30/37	
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735	t
Steel reinforcement	0.0	t
Total mass of the floor slabs	2805	t



Transporte



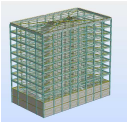
- Transporte de Acero:
  - Peso total: 369.6 t
  - Transporte: 500 km en camiones convencionales
- Transporte de hormigón:
  - Peso total: 4676 t
  - Transporte: 50km en camiones hormigonera

Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

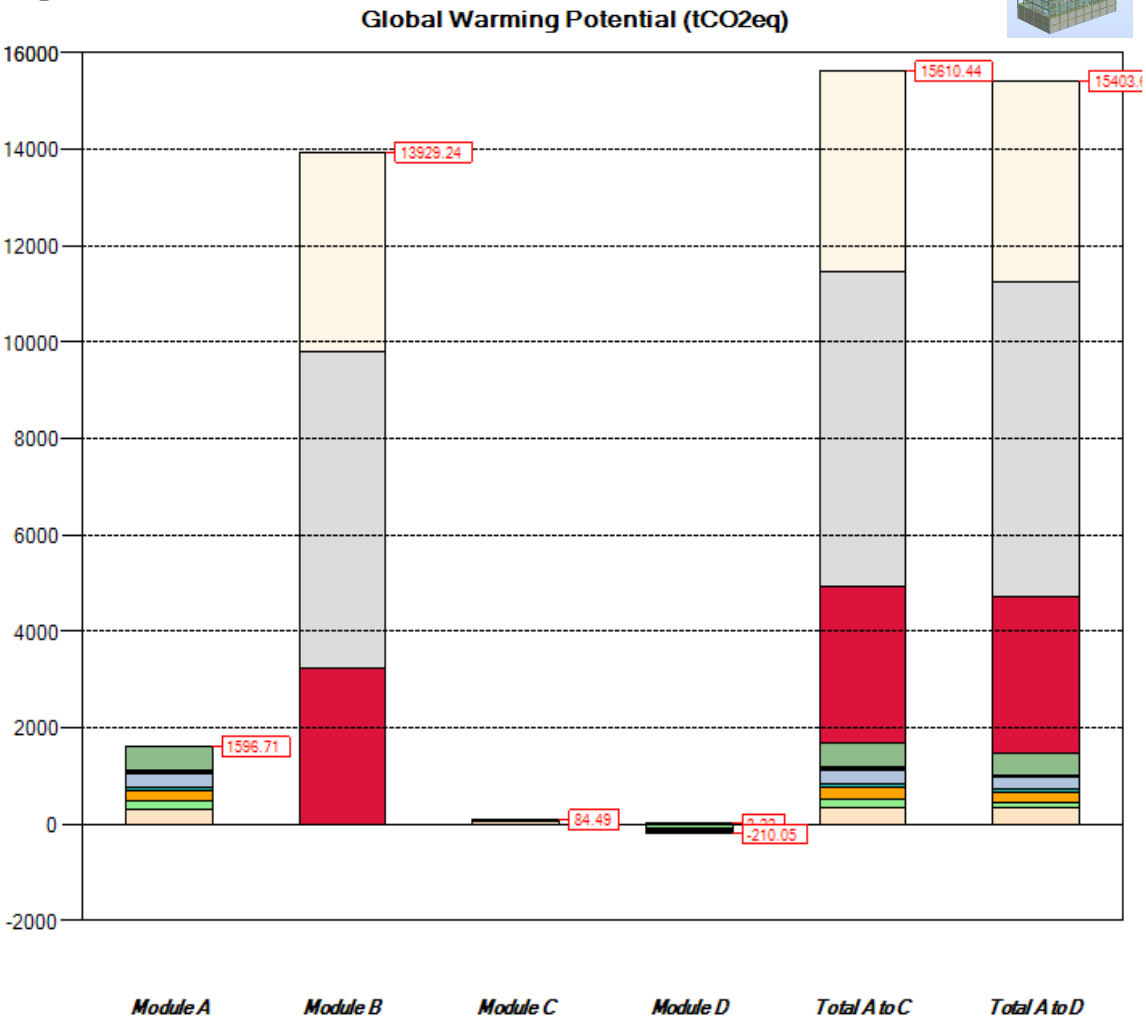
Transport parameters

Steel elements		
Total steel transported	369.6	t
Values for the transport impacts	User values	
Mass transported by electric train	0.0	t
Distance	0.0	km
Mass transported by regular trucks	369.6	t
Distance	500	km
Concrete elements		
Total concrete transported	4676	t
Concrete produced on site	4676	t
Distance by mixer trucks	50.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km

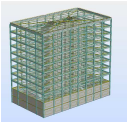
Resultados globales para el edificio de oficinas

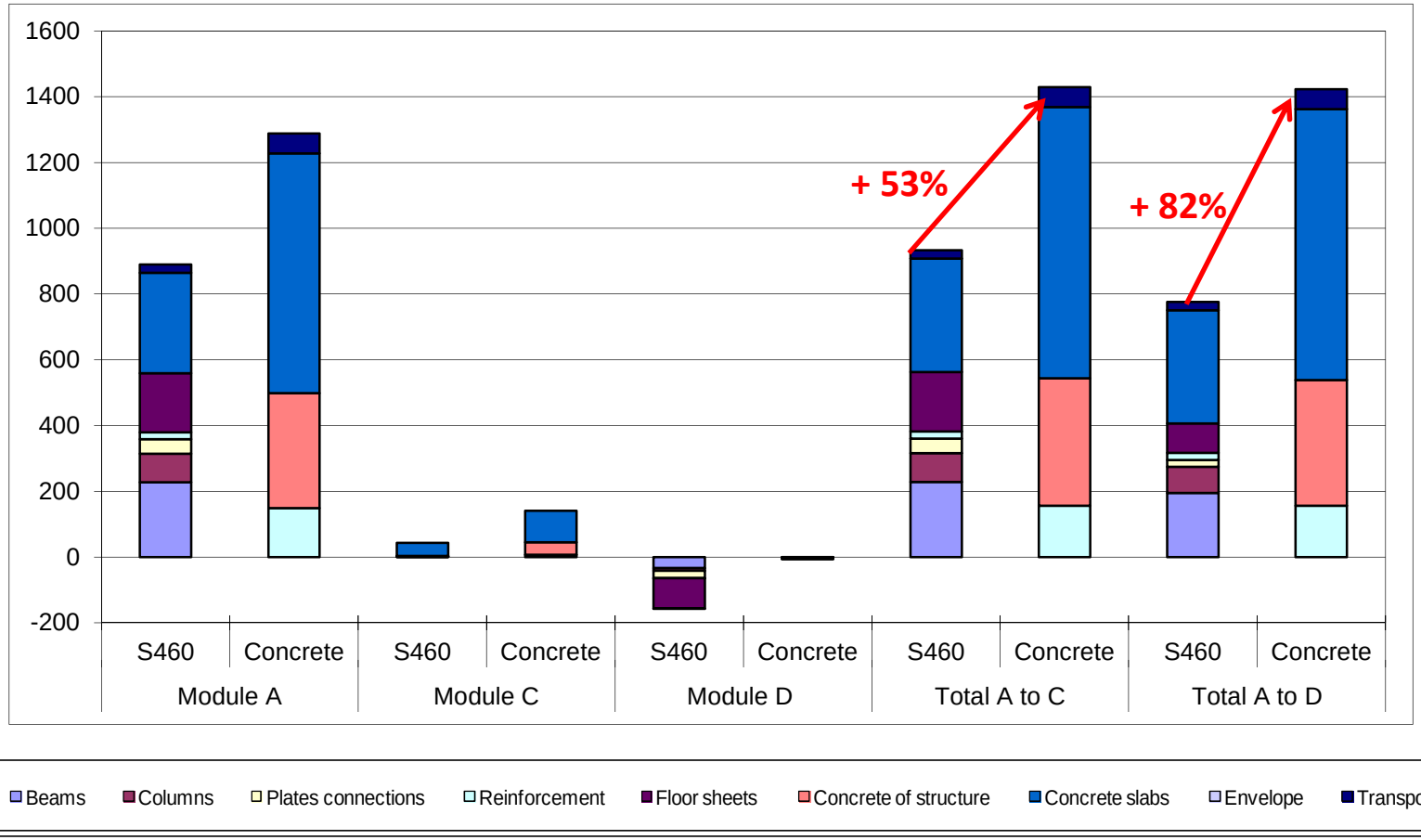


- La fase de uso (Módulo B)representa alrededor del 90% del impacto global GWP, para cualquier tipo de estructura

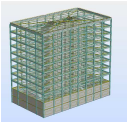


Resultados: impactos GWP para estructuras de acero S460 vs estructuras de hormigón





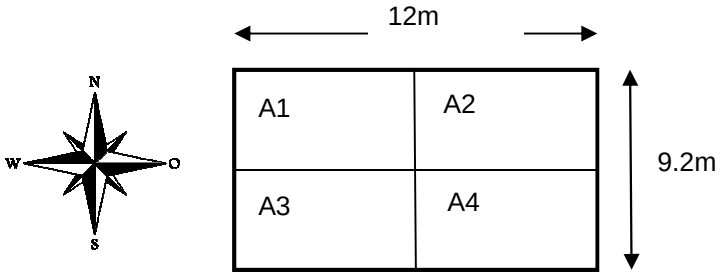
Resultados: conclusiones

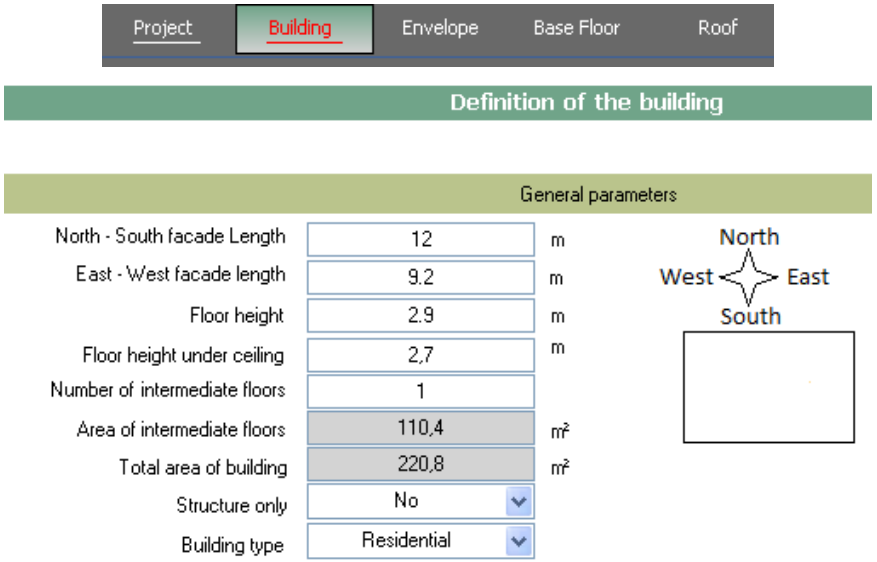


- El uso y explotación de los edificios representa el factor principal de la huella medioambiental de los edificios, por lo que ***sistemas eficientes de fachada*** suponen una optimización del resultado del ACV del edificio. Sin embargo, estos factores no son dependientes del ***sistema estructural*** empleado.
- Las ***estructuras mixtas*** que emplean ***perfiles laminados***, resultan más sostenibles que las que emplean únicamente hormigón, incluso sin considerar el reciclaje. Cuando se toma en consideración el reciclaje en el fin de vida se incrementa esta ventaja (82%).
- Reducir el consumo de material mediante el uso de Aceros de Alta Resistencia resulta beneficioso en términos medioambientales.

Edificio residencial: Vivienda CasaBuna en Rumanía

Definición del edificio





- 4 apartamentos de 55m² de superficie, con la misma distribución en dos plantas.
- Ubicado en Timisoara

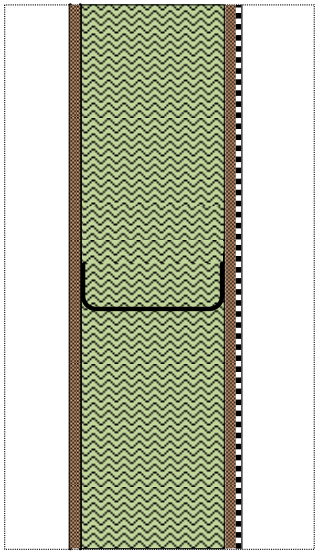
Componentes de la envolvente

	Norte/Sur [m²]	Oeste/Este [m²]	Total [m²]
Muros	47	41	87
Ventanas	22	12	34
Superficies Total	69	53	122

Definition of the building enveloppe

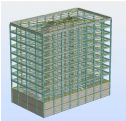
Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m²
Opening area	22	12	22	12	%



- Fachada: paneles de acero ligero, aislado con lana de roca de 120mm
- Ventanas: doble acristalamiento y marcos de aluminio
- Cubierta: aislada con 18cm de poliestireno expendido

Ocupación y Sistemas de climatización



Tipo de Edificio de Residencial

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

- Sistema de Calefacción: Calentador de gas
- Sin sistema de climatización
- Sin ventilación mecánica
- Sistema ACS: caldera eléctrica

Description of building systems

Heating system

Heating system type	Split (heating)

Cooling system

Cooling type system	Split (cooling)

Mechanical ventilation system

Heat recovery system	Yes
Heat recovery percentage	80

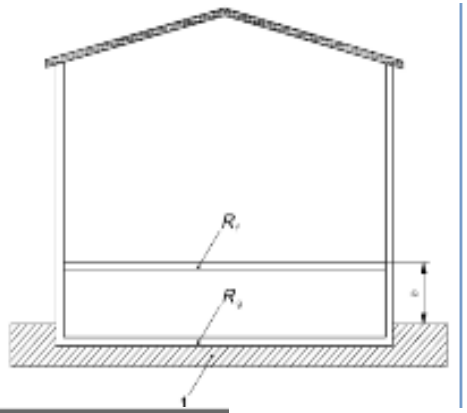
DHW system

DHW system type	Electric boiler

Planta baja y estructura de la vivienda

Project | Building | Envelope | **Base Floor** | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

- Forjado sanitario de hormigón armado de 0.2m de espesor (0.7t de armadura)



Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | **Structure** | Floors | Transport

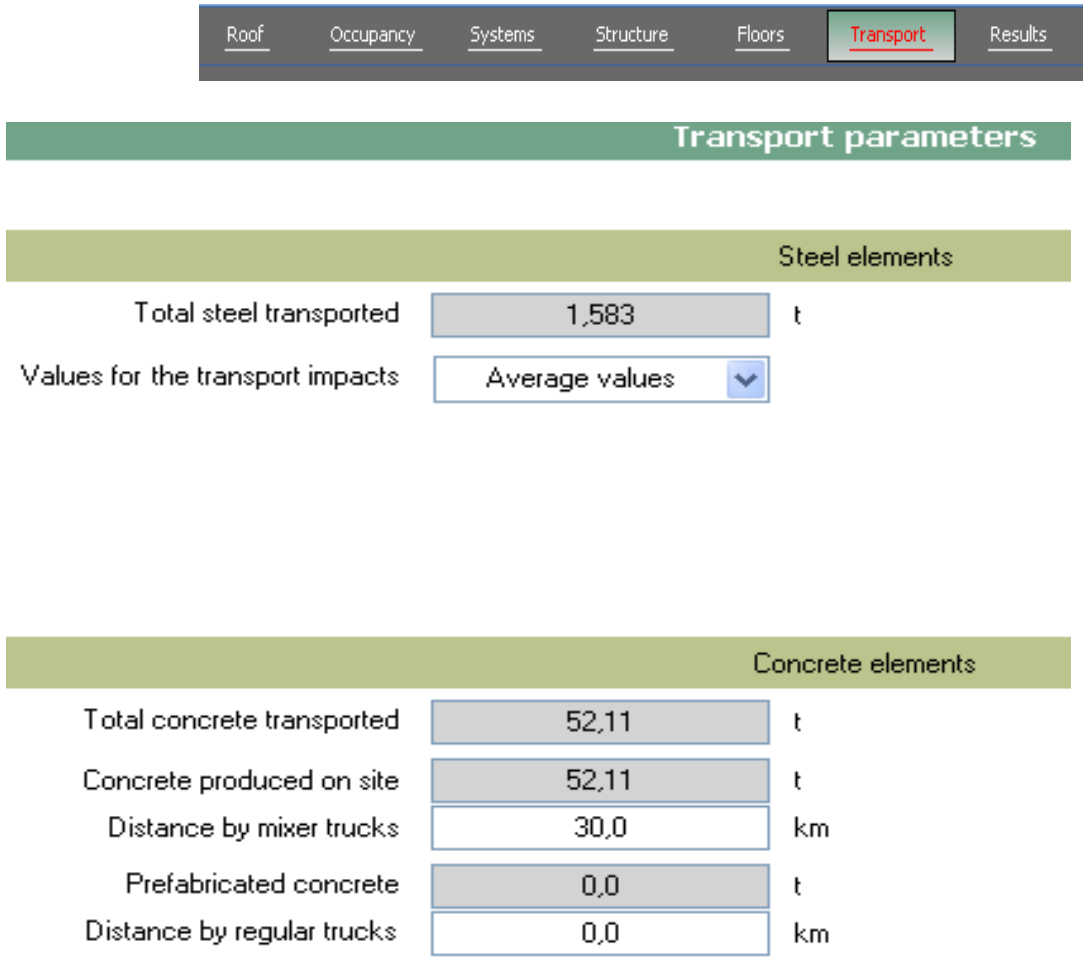
- Las estructuras de acero ligero en la fachada y en el componente de cubierta quedan incluidas

➡ no hay que indicar elementos estructurales de acero adicionales

	Steel elements	
Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t

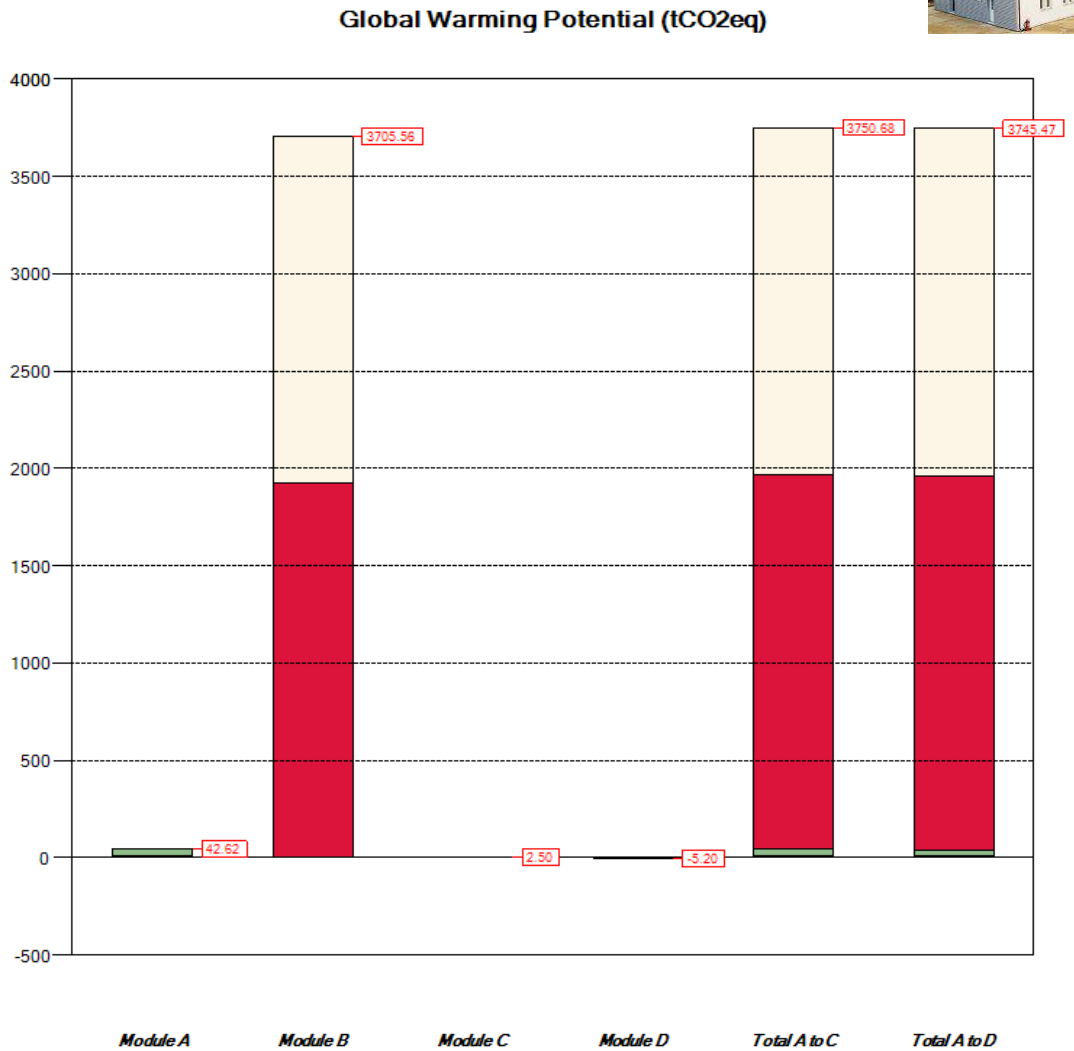
Transporte

- Transporte de Acero:
  - Peso total: 1.583t (Armadura)
  - Transporte: Media Europea del transporte de acero, para 1t de la distancia media europea
- Transporte de Hormigón:
  - Peso total: 52.11t (Planta Baja)
  - Transporte: 30km en camión hormigonera



Resultados globales de la vivienda CasaBuna

- La fase de uso (Módulo B) representa alrededor del 99% del impacto GWP en todos los casos



Concrete of floors
Steel sheets
Steel reinforcement
Steel beams
Steel columns
Steel studs and bolts
Steel plates
Transport
Envelope
Heating (use phase)
Cooling (use phase)
DHW (use phase)

Consumos de calefacción

Use phase heating

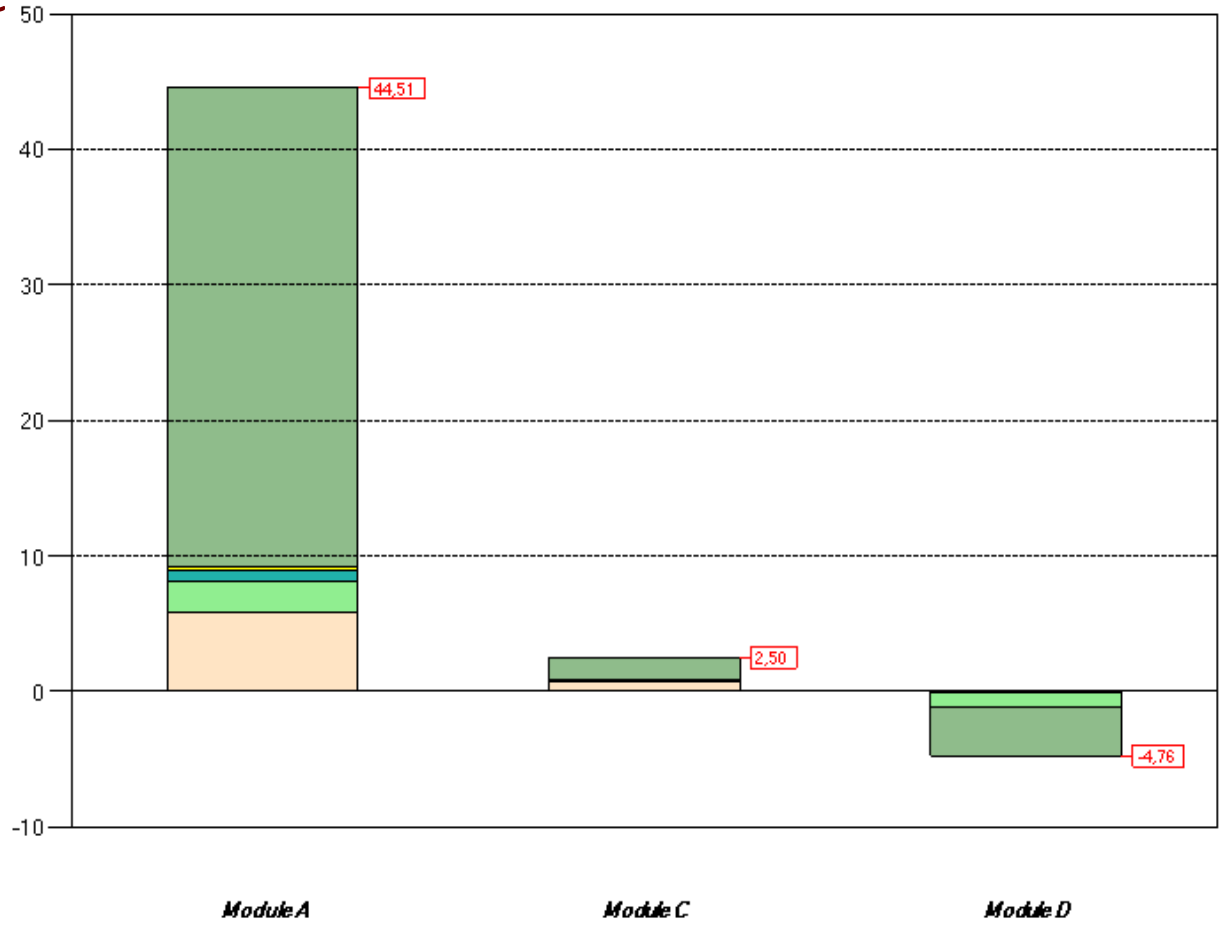
Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0

Energy need for heating												
Qh,nd	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m²/year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m²/year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m²/year

Resultados: impactos de los materiales

- Los materiales de la envolvente representan el 79% del total del impacto GWP en la fase de producto y proceso (Módulo A)

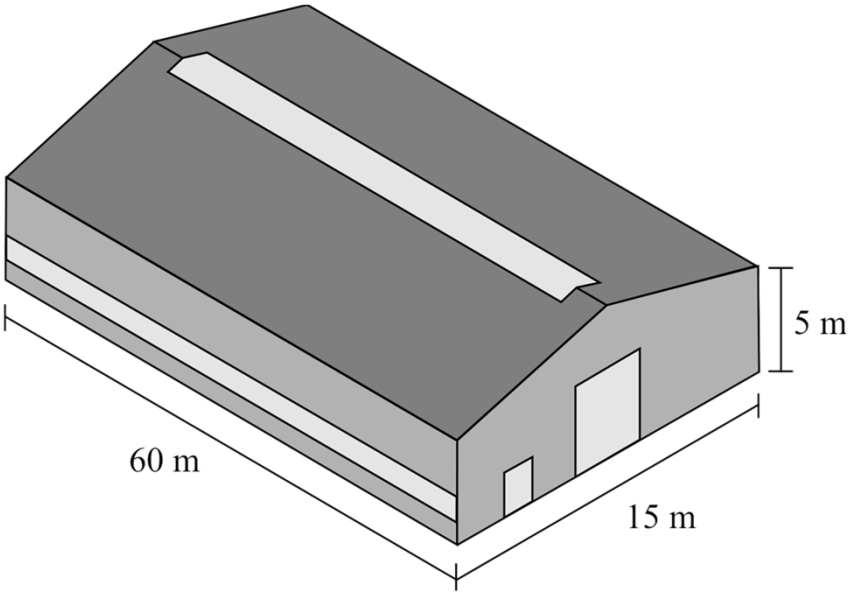


Resultados: conclusiones

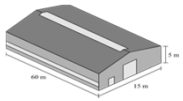
- ***La fase de uso*** (Modulo B) en los edificios residenciales como el analaizado representan prácticamente la totalidad de la huella medioambiental

  La incidencia del sistema estructural resulta inapreciable. Por tanto, el uso de sistemas de fachada eficientes contribuirá significativamente a la optimización del análisis de ciclo de vida del edificio

Nave industrial: Estructura con pórticos de Acero y Hormigón en París



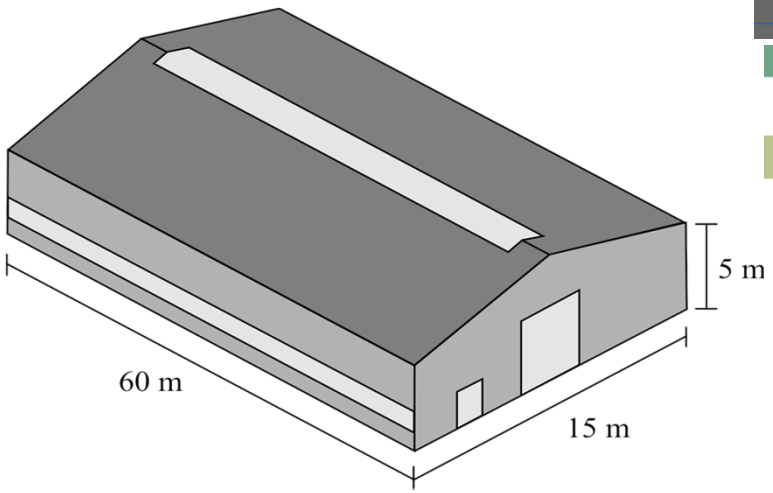
Alcance del estudio

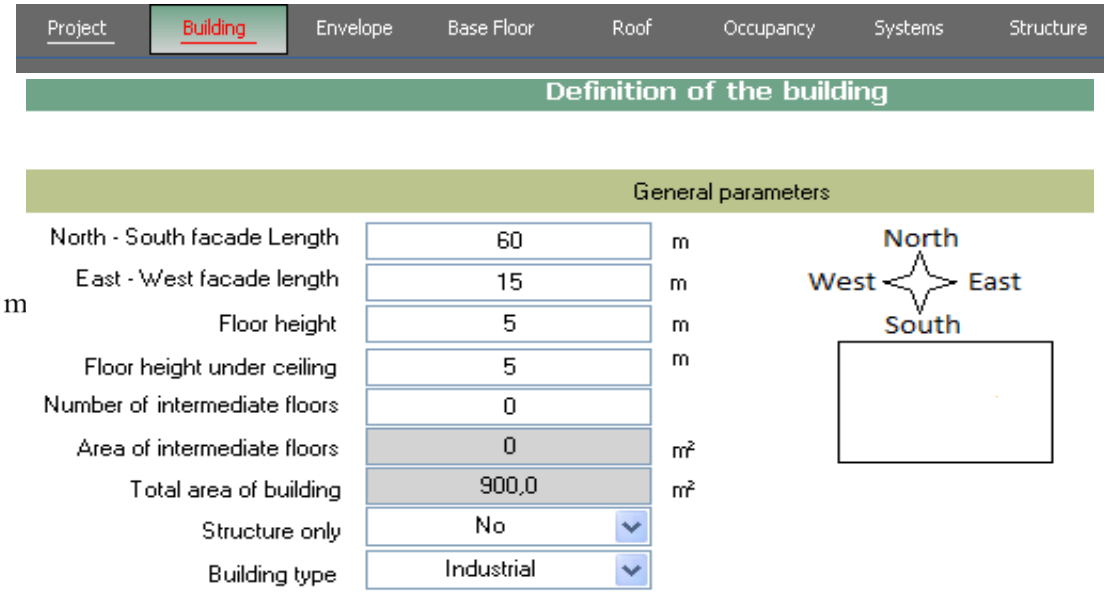


Comparativa del ACV de un edificio industrial basado en dos sistemas estructurales diferentes:

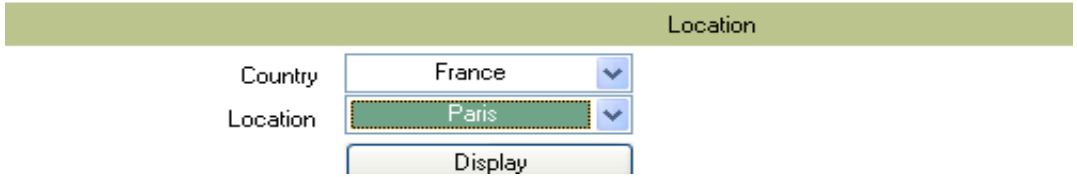
- Pórtico anclado en la base, compuesto de perfiles laminados en caliente
- Pilares con unión rígida y vigas apoyadas de hormigón armado

Definición del edificio

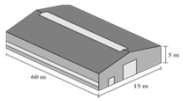




- 900m² de nave industrial
- Ubicada en Paris



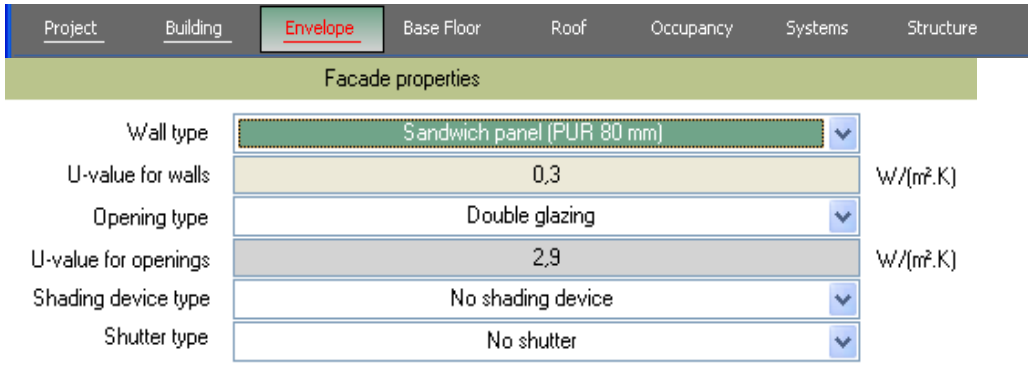
Componentes de la envolvente

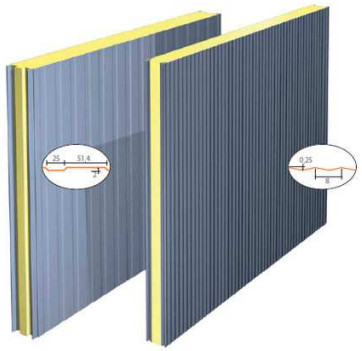


- Fachada: Paneles sándwich de poliuretano de 80mm

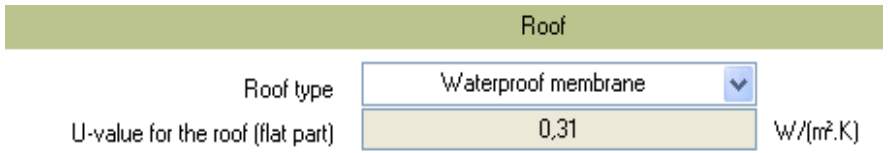
Variante energética: Paneles sándwich de poliuretano de 200mm

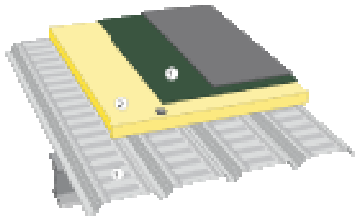
- Ventanas: Doble acristalamiento y marco de aluminio



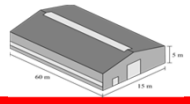


- Cubierta: Membranas impermeables y aislamiento de 140mm de lana mineral





Losa de cimentación de la nave industrial

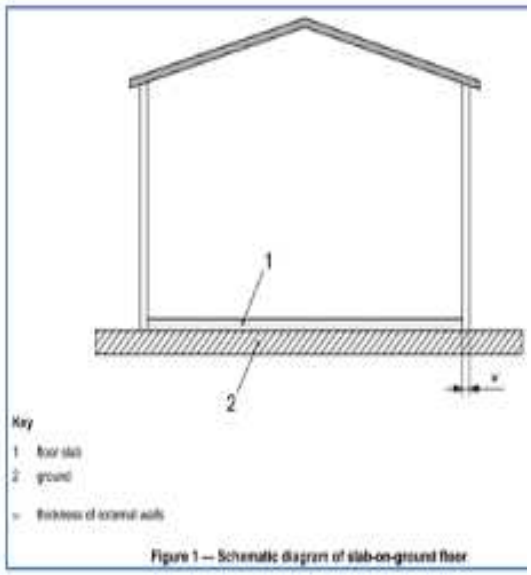


Componente estructrual	Variante 1 Estructura de acero S235	Variante 2 Estructura de acero S460	Variante 3 Estructura de hormigón
Losa de cimentación	Hormigón: 425.7 kg Armadura: 14.4 t		

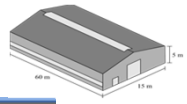
Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

Base floor

U-value for the base floor	0.44	W/(m².K)
Base floor type	Slab on Ground Floor	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	14.4	t
Internal heat capacity of ground	74612	J/(m².K)
Internal heat capacity of intermediate floor	0	J/(m².K)
Internal heat capacity of internal wall	0	J/(m².K)



Ocupación y Sistemas de climatización



Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Edificio industrial tipo

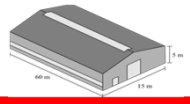
Comfort requirements		
Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

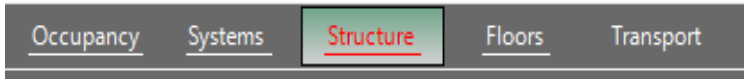
- Sistema de calefacción: Calentador de gas
- Sin sistema de refrigeración
- Sin ventilación mecánica
- Sin sistema de ACS

Description of building systems	
Heating system	
Heating system type	Gas fuel heater
Cooling system	
Cooling type system	No cooling
Mechanical ventilation system	
Heat recovery system	No
DHW system	
DHW system type	No DHW

Estructura nave industrial

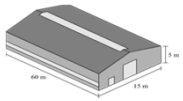


Componente estructural	Variante 1 Estructura de acero S235	Variante 2 Estructura de acero S460	Variante 3 Estructura de hormigón
Viga	IPE 450 (6.88t)	IPE 330 (4.33 t)	Unidad de hormigón prefabr. T80 (34.19 t) Refuerzo BSt500 202.5 kg/m³ (2.93 t)
Pilares	Principales: IPE400 Secundarios: HEA480 (4.17 t)	Principales: IPE400 Secundarios: HEA480 (4.17 t)	Sección de hormigón 0.4x0.4m C30/37 (30.12 t) Refuerzo BSt500 108.1 kg/m³ (1.38 t)
Tornillos	43 kg		/
Placas de conexión	336 kg		/



	Steel elements	
Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t
Total mass of structure	8,879	t

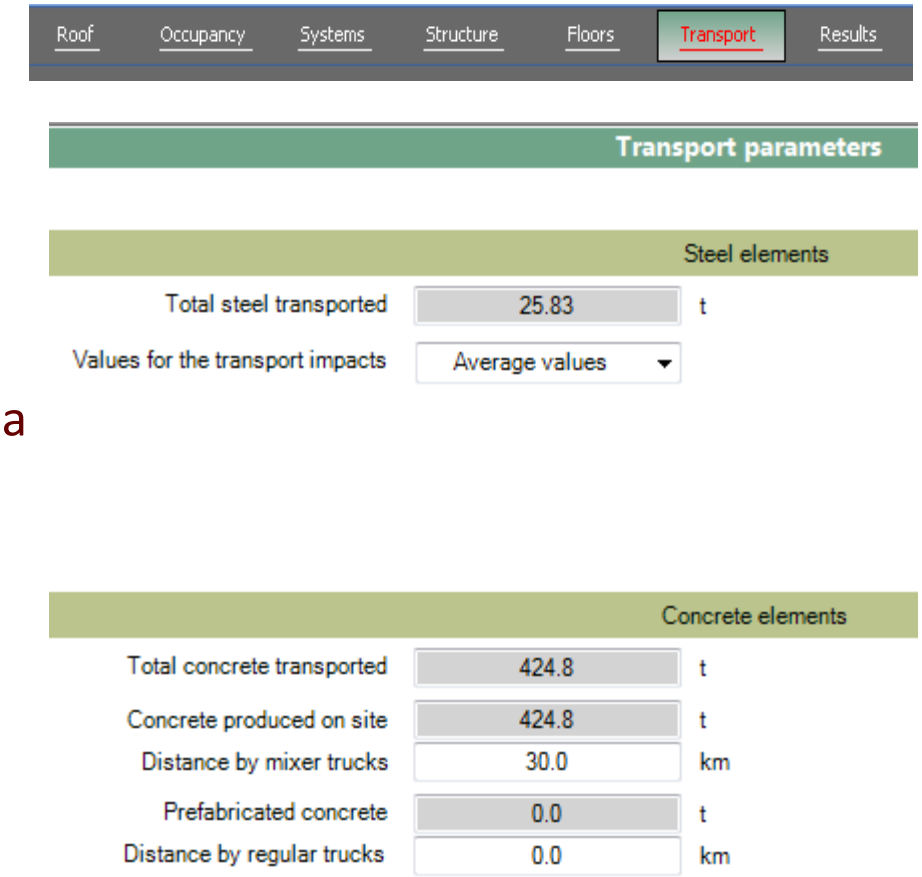
Transporte



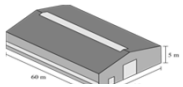
- Transporte de acero:
  - Peso total: 25.83t

  Vigas + Pilares + Elementos de conexión
  - Transporte : Media Europea del transporte de acero, para 1t de la distancia media europea
- Transporte de hormigón:
  - Peso total : 424.8t

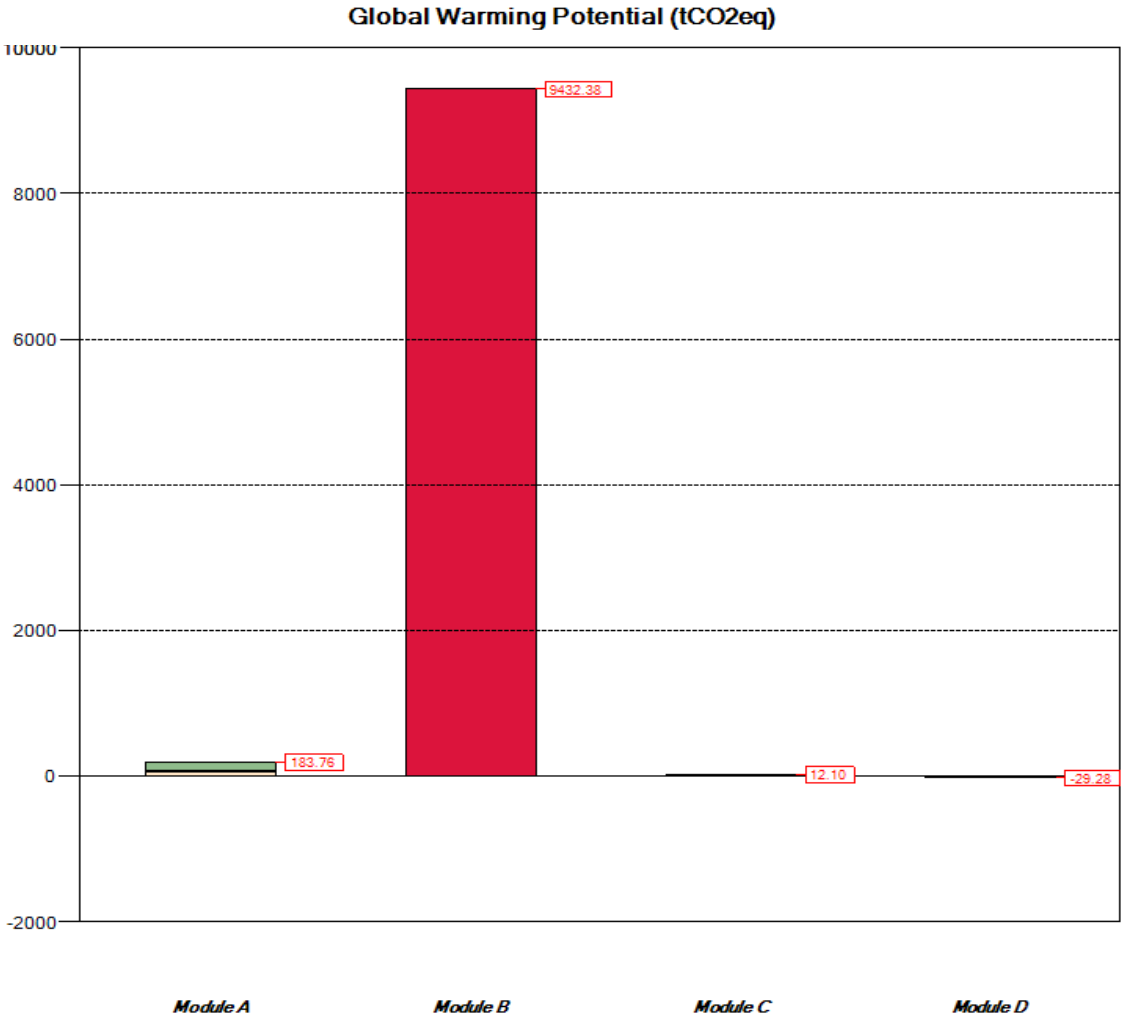
  Vigas + Pilares
  - Transporte: 30km en camión hormigonera



Resultados globales de la nave industrial

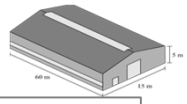


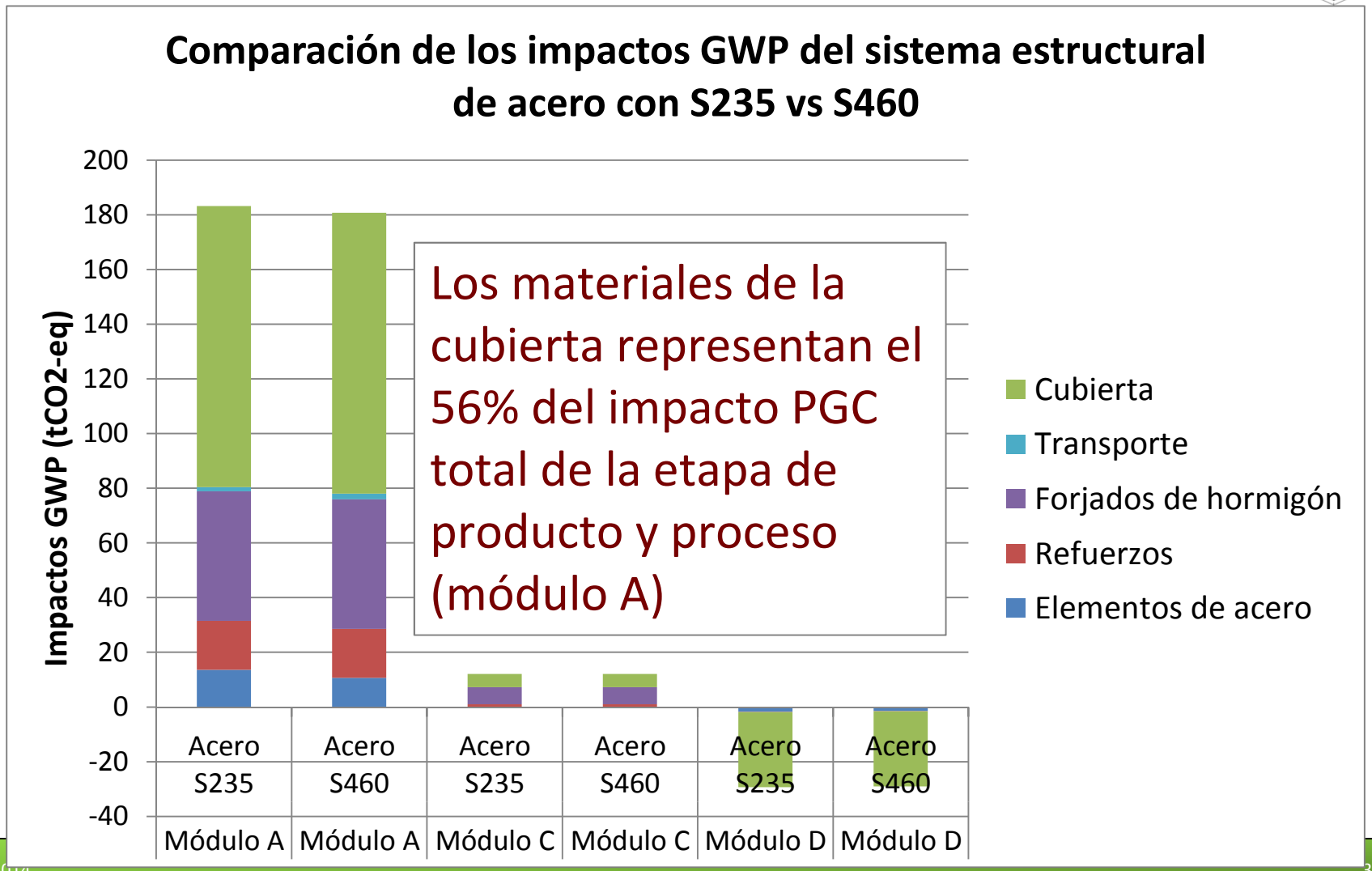
- La fase de uso (Módulo B) representa alrededor del 99% del impacto global GWP, para cualquier tipo de estructura de nave industrial



Concrete of floors
Steel sheets
Steel reinforcement
Steel beams
Steel columns
Steel studs and bolts
Steel plates
Transport
Envelope
Heating (use phase)
Cooling (use phase)
DHW (use phase)

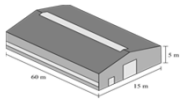
Resultados: estructuras de acero

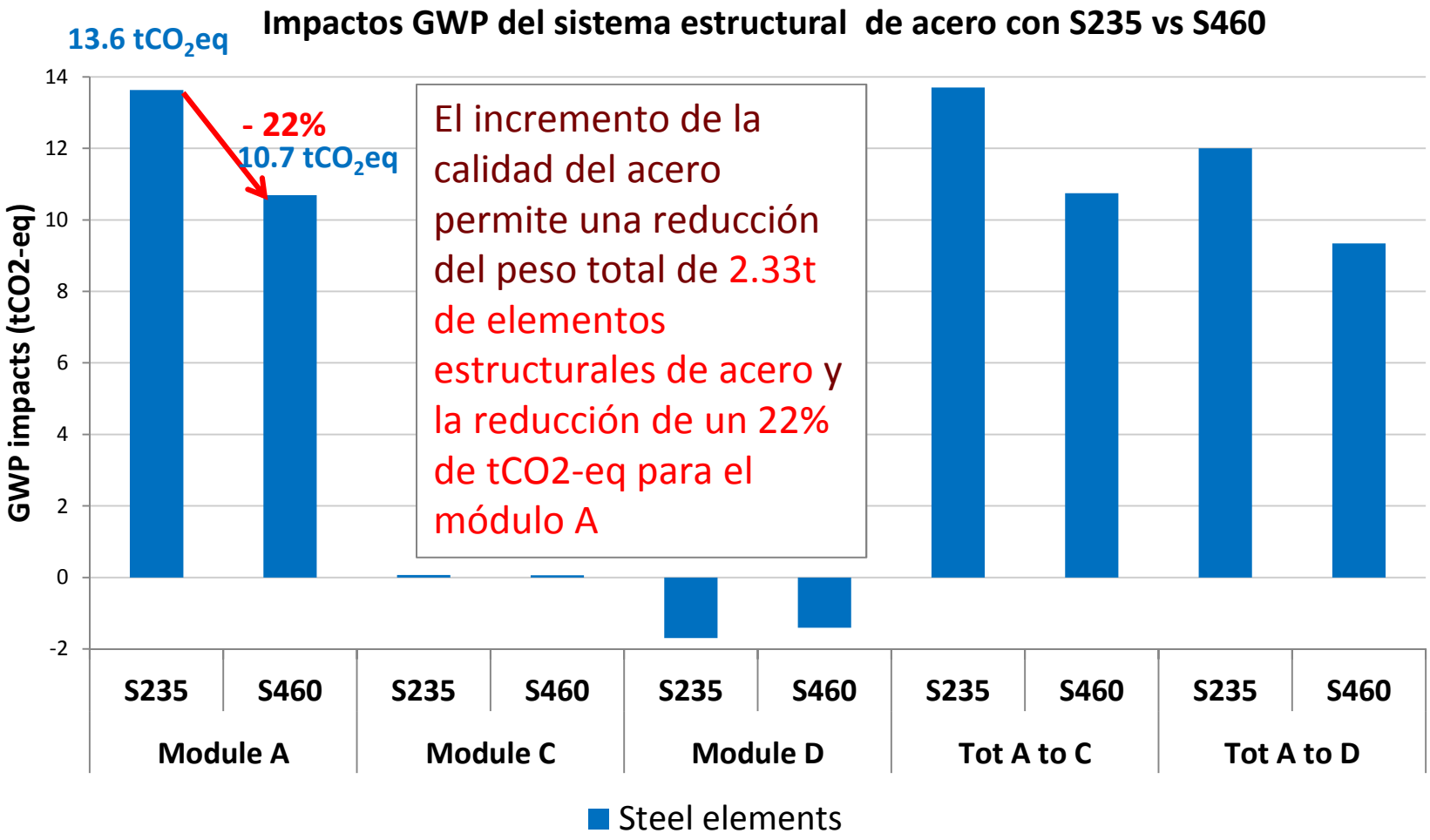




Los materiales de la cubierta representan el 56% del impacto PGC total de la etapa de producto y proceso (módulo A)

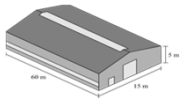
Resultados: estructuras de acero





El incremento de la calidad del acero permite una reducción del peso total de 2.33t de elementos estructurales de acero y la reducción de un 22% de tCO2-eq para el módulo A

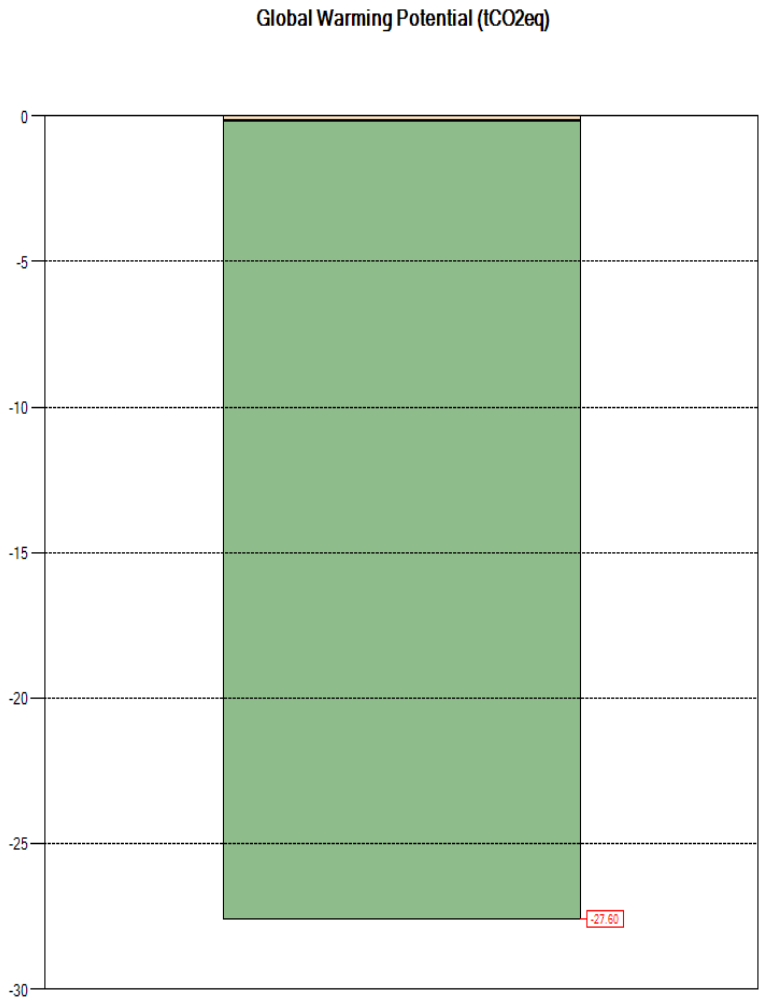
Resultados : Módulo D de estructura de acero S460



- Los beneficios y cargas más allá de los límites del sistema (módulo D) de la estructura de acero S460 tiene un impacto GWP total de

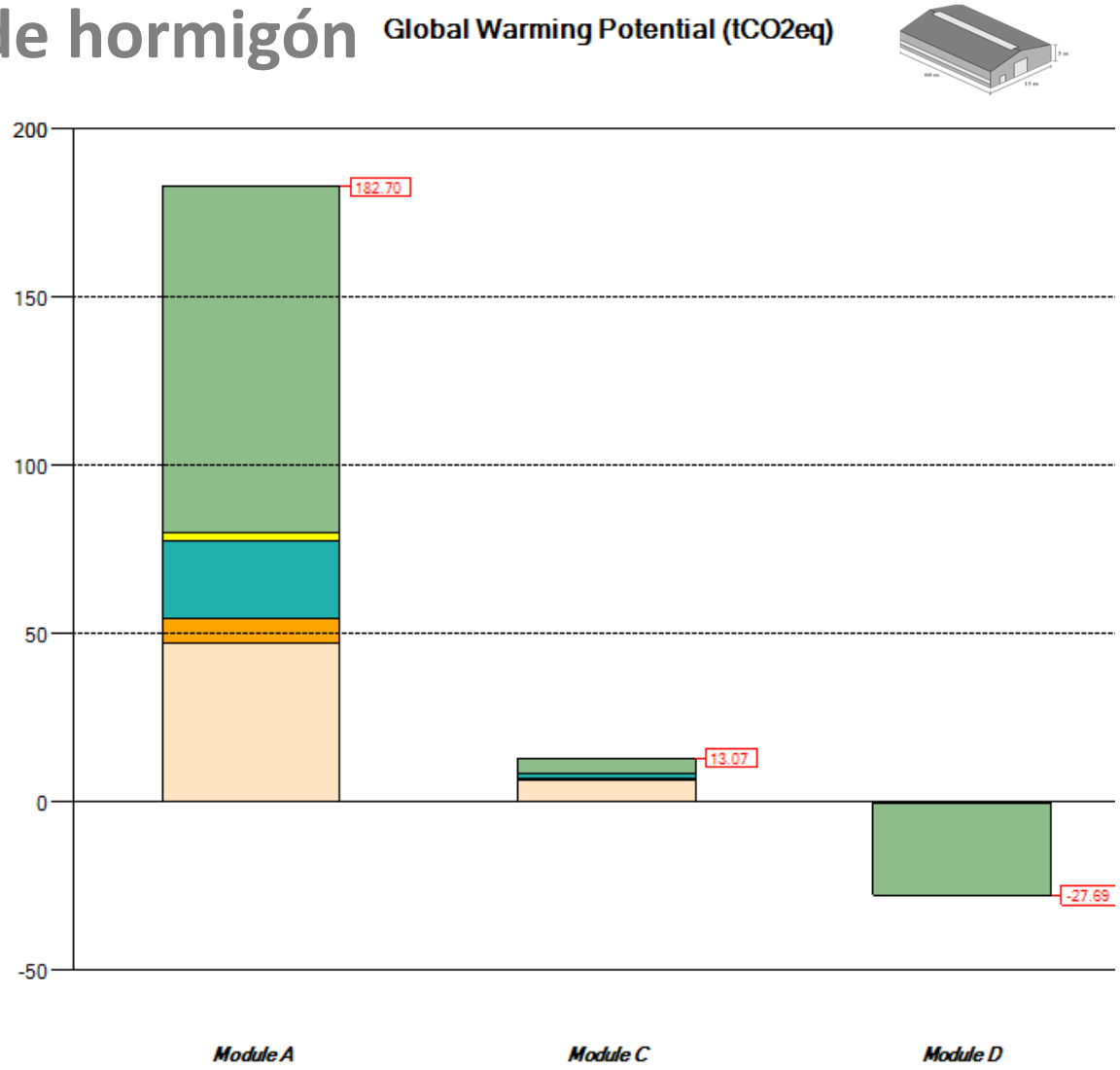
  -27.60 t CO_2-eq.

- En él se destacan los beneficios de los materiales reciclados dentro de los elementos de envolvente:
  - elementos estructurales de ***acero ligero*** en los componentes de fachada
  - ***chapa de acero*** en la cubierta

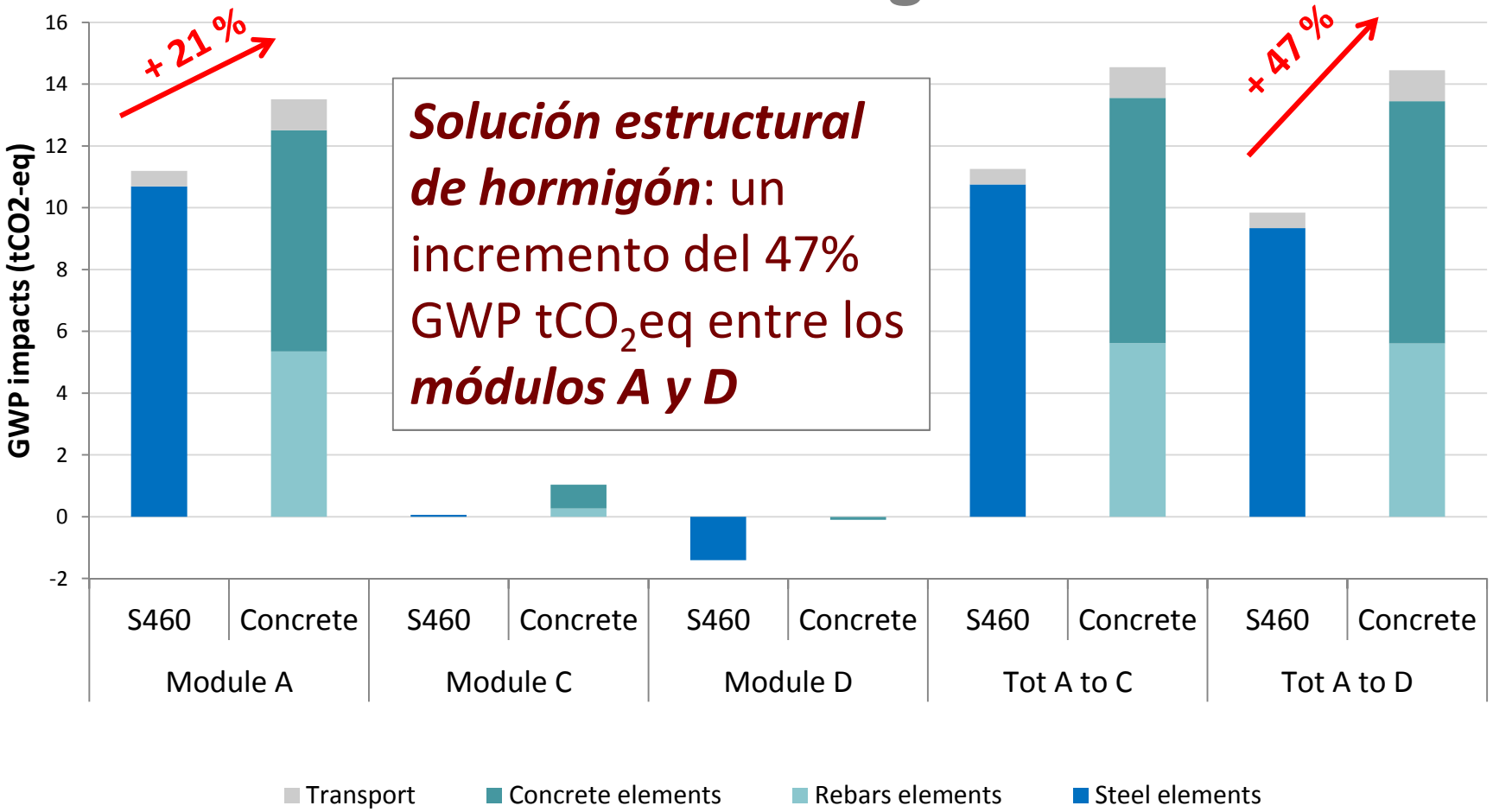


Resultados: estructura de hormigón

- El módulo A tiene un impacto GWP total de 182.70t CO_2-eq.
- El total de impactos GWP debido al sistema estructural supone 80 t CO_2-eq, con un 40% debido al forjado de hormigón.

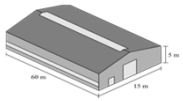


Resultados : impactos GWP de estructura de acero vs estructura de hormigón

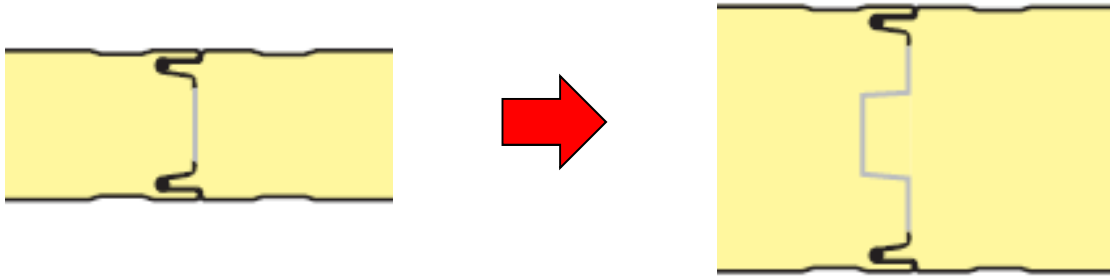


Solución estructural de hormigón: un incremento del 47% GWP tCO_2eq entre los ***módulos A y D***

Beneficios medioambientales debido al aumento del espesor del aislamiento



80 mm

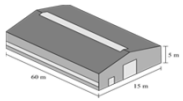


200 mm

- Sencillo con AMECO3 : fácil de usar
- ***Fase de uso*** (módulo B): ahorro neto de 888 tCO2-eq
- ***Fase de producto y proceso*** (módulo A) : aumento de 13.12 t CO_2-eq, debido a la cantidad adicional de aislamiento

➢ En comparación con la reducción del consumo de energía, este aumento resulta mínimo, primando el interés por mejorar la eficiencia energética del edificio.

Resultados : conclusiones



- ***El uso y explotación*** de los edificios representa buena parte de la huella medioambiental de los edificios. Por tanto sistemas eficientes de fachada pueden optimizar significativamente el resultado del ACV del edificio.
- ***La estructuras de acero*** hechas con ***perfiles laminados en caliente*** resultan ser más sostenibles que el ***hormigón***, incluso si no se considera el reciclaje. Gracias al ***reciclado*** de los materiales en el ***Fin de Vida*** (reciclaje infinito del acero y valorización del hormigón triturado), la diferencia entre la solución de acero y hormigón se incrementa.
- Minimizar el consumo de material a través de la utilización de ***Acero de Alta Resistencia*** es beneficioso para el medioambiente.