



# Estructuras de madera

Dpto. Estructuras. IET. Instituto de Estructuras y Transporte



## 0. ¿Por qué madera?

1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## 1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera

# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:

1.1. Recurso natural, proveniente de plantaciones renovables y sostenibles (mayor diferencia con el acero o el hormigón)



# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:

1.1. Recurso natural, proveniente de plantaciones renovables y sostenibles (mayor diferencia con el acero o el hormigón)

1.2. La transformación de la madera a productos finales de construcción consume poca energía

# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:

- 1.1. Recurso natural, proveniente de plantaciones renovables y sostenibles (mayor diferencia con el acero o el hormigón)
- 1.2. La transformación de la madera a productos finales de construcción consume poca energía
- 1.3. Las estructuras de madera son sumideros de carbono



HSB- Timber School Engineering  
Biel (Switzerland)



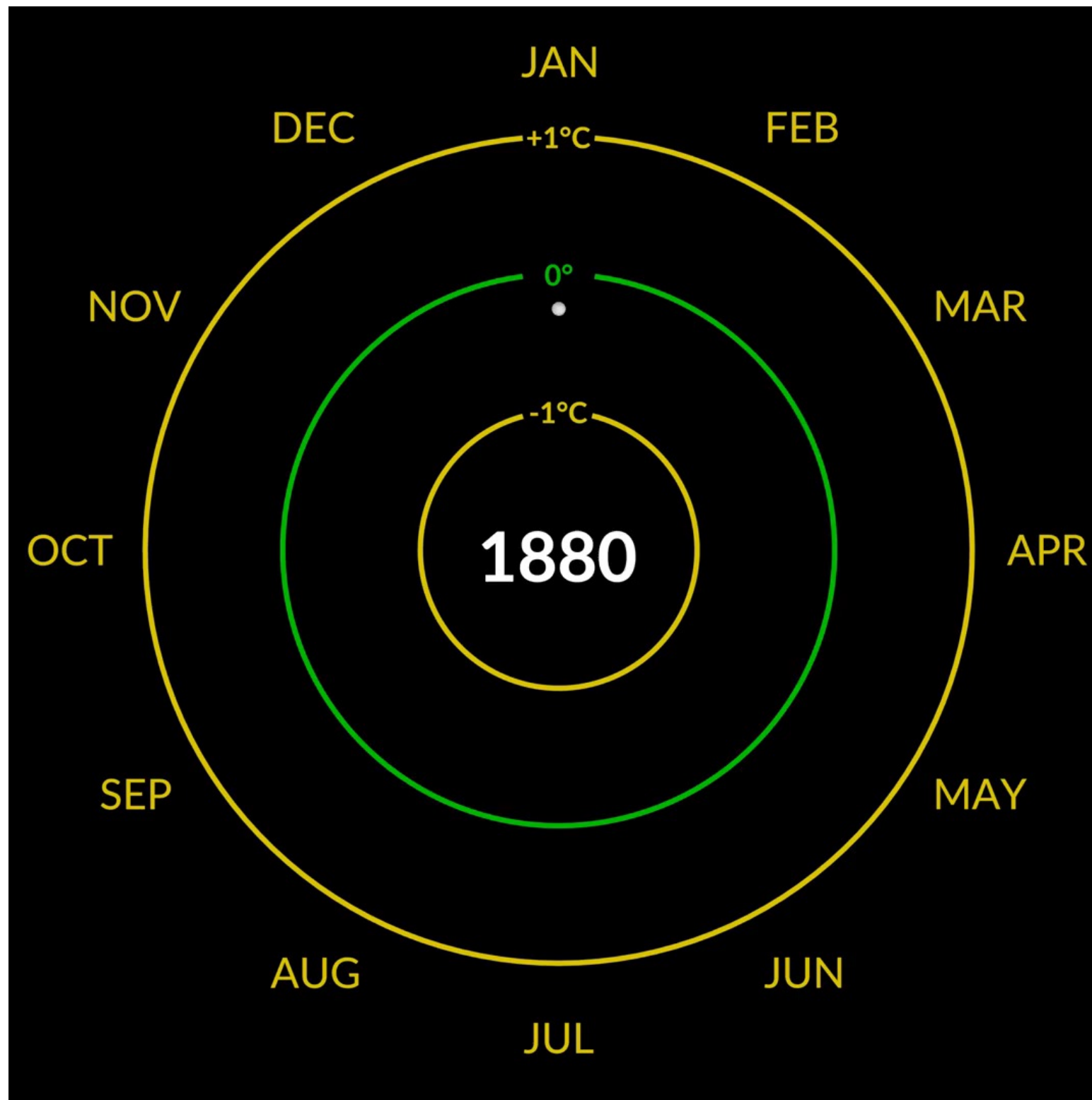
# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:

- 1.1. Recurso natural, proveniente de plantaciones renovables y sostenibles (mayor diferencia con el acero o el hormigón)
- 1.2. La transformación de la madera a productos finales de construcción consume poca energía
- 1.3. Las estructuras de madera son sumideros de carbono
- 1.4. El consumo de productos de madera facilita el cumplimiento de los compromisos del **Acuerdo de París** (2015) – **Acuerdo de Glasgow** (2021).

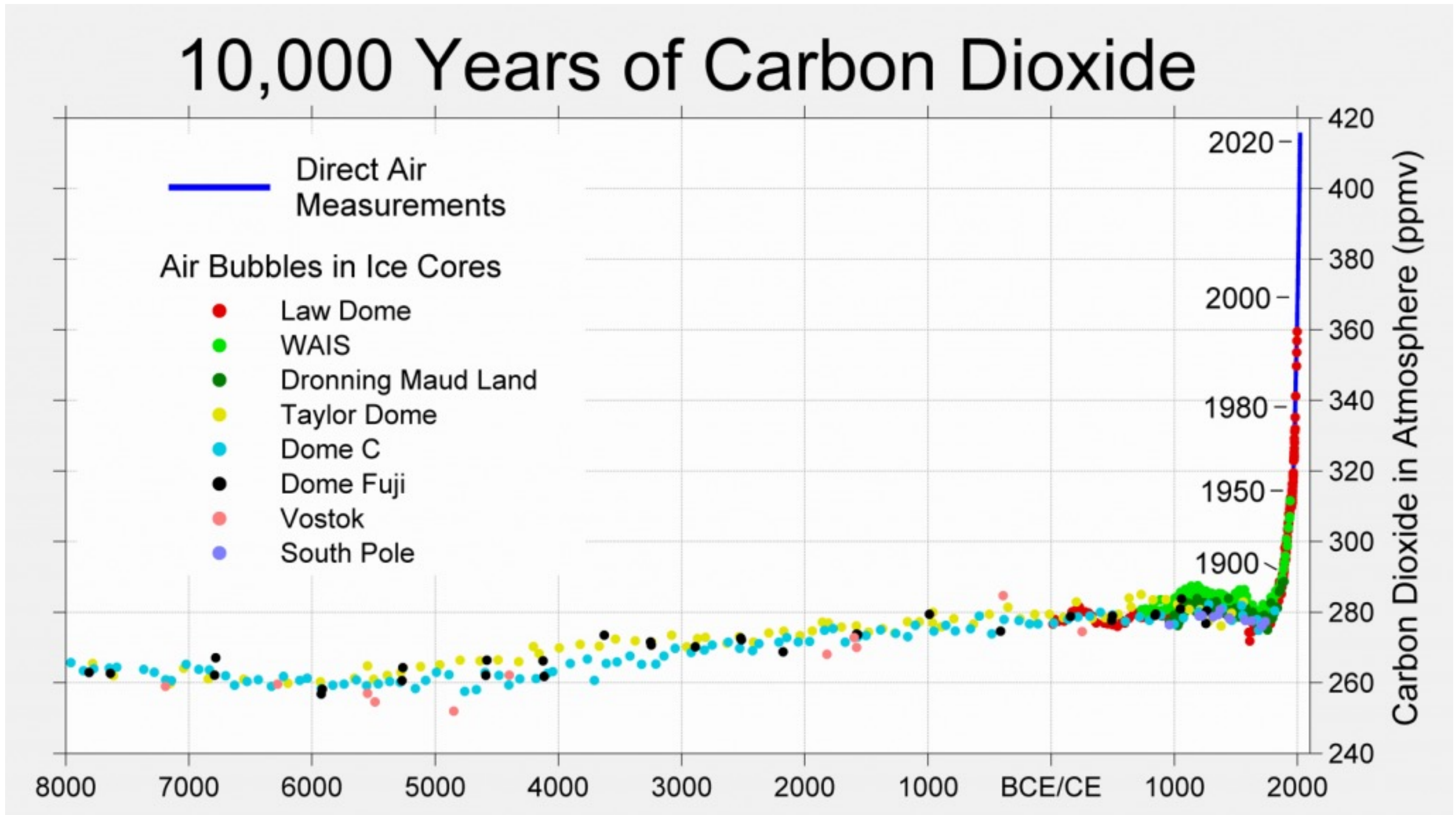
# ¿POR QUÉ MADERA?

1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:



# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:





# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:

- 1.1. Recurso natural, proveniente de plantaciones renovables y sostenibles (mayor diferencia con el acero o el hormigón)
- 1.2. La transformación de la madera a productos finales de construcción consume poca energía
- 1.3. Las estructuras de madera son sumideros de carbono
- 1.4. El consumo de productos de madera facilita el cumplimiento de los compromisos del Acuerdo de París (2015) – Acuerdo de Glasgow (2021).

# ¿POR QUÉ MADERA?

## 1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**

- 1.1. Recurso natural, proveniente de plantaciones renovables y sostenibles (mayor diferencia con el acero o el hormigón)
- 1.2. La transformación de la madera a productos finales de construcción consume poca energía
- 1.3. Las estructuras de madera son sumideros de carbono
- 1.4. El consumo de productos de madera facilita el cumplimiento de los compromisos del Acuerdo de París (12/12/2015).

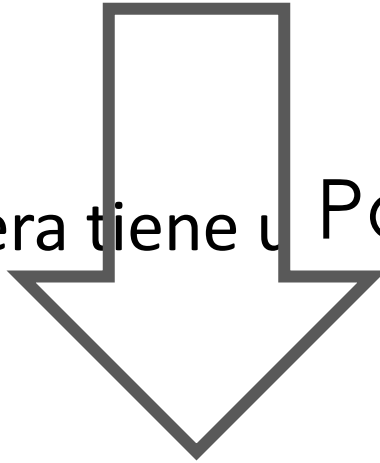
## 2. Propiedades estructurales: la madera tiene una **alta relación resistencia/peso propio**



# ¿POR QUÉ MADERA?

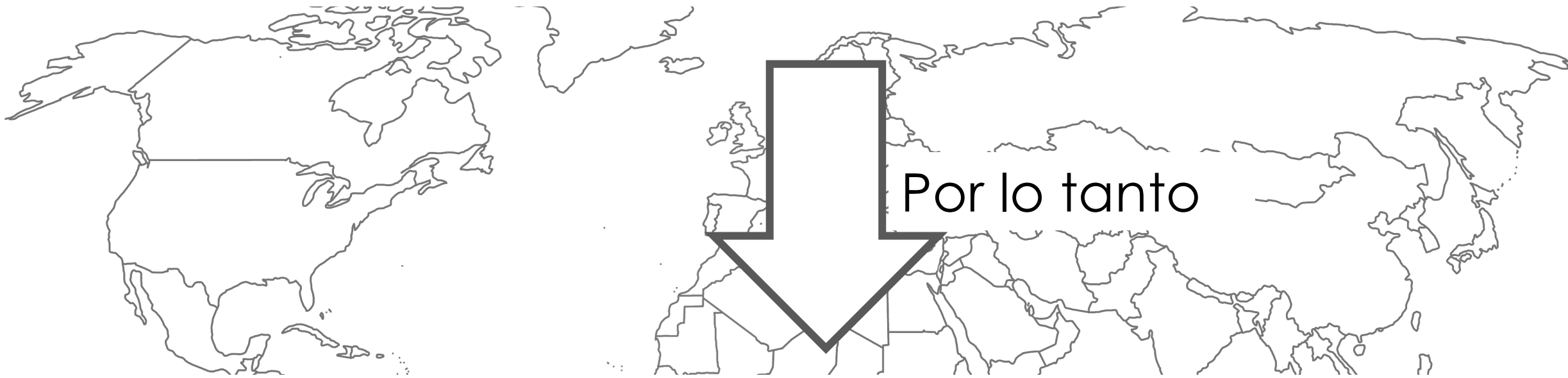
1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**

2. Propiedades estructurales: la madera tiene **una alta resistencia y un bajo peso propio**. Por lo tanto **resistencia/peso propio**



# ¿POR QUÉ MADERA?

1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**
2. Propiedades estructurales: la madera tiene una **alta relación resistencia/peso propio**

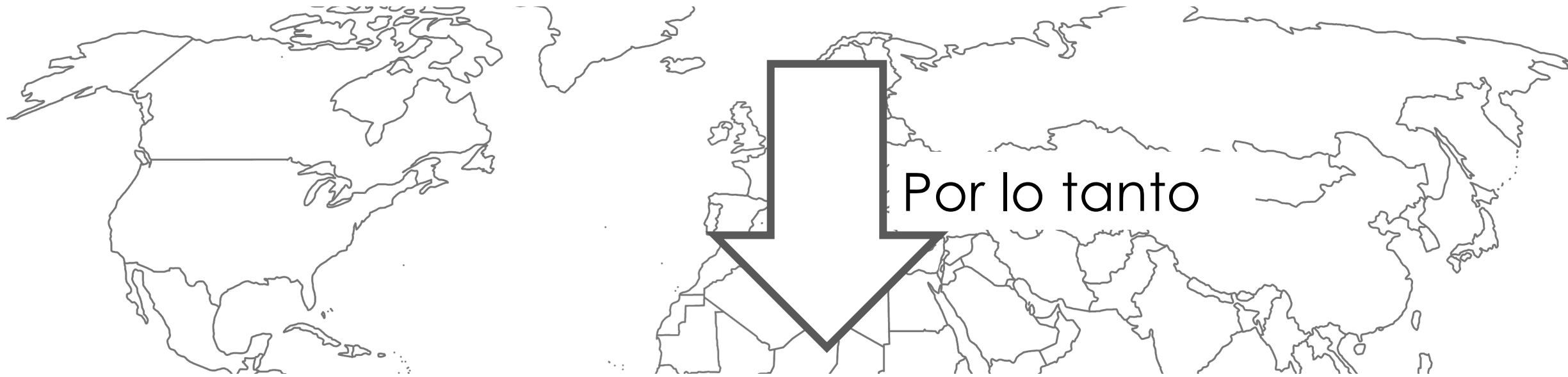


**Un creciente número de países están diseñando **políticas para construir con madera****



# ¿POR QUÉ MADERA?

1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**
2. Propiedades estructurales: la madera tiene una **alta relación resistencia/peso propio**



**Un creciente número de países están diseñando políticas para construir con madera**

**La construcción con madera se está haciendo global** (Ramage et al. 2017)



0. ¿Por qué madera?

**1. Usos habituales**

2. Tipologías estructurales

3. Especies

4. Productos de madera

5. Ubicación de la madera

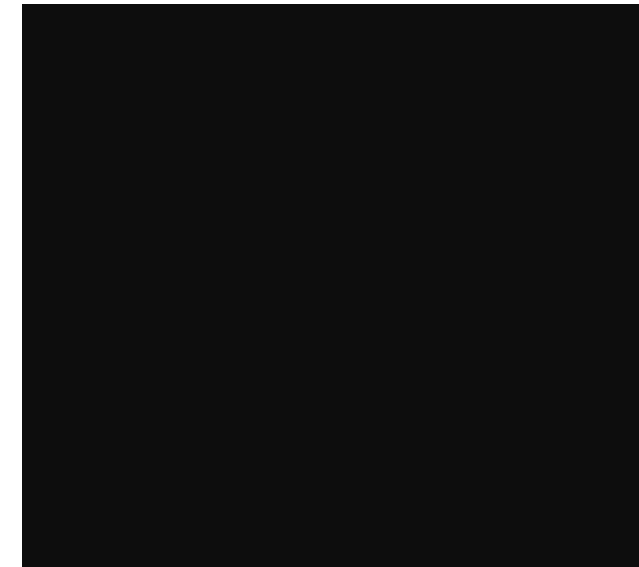
6. Uniones

7. Transporte y montaje

8. Normativa

**1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera**

# VIVIENDA



Fuente: N. Braghieri "Casas de madera". Ed. Gamma. 2005





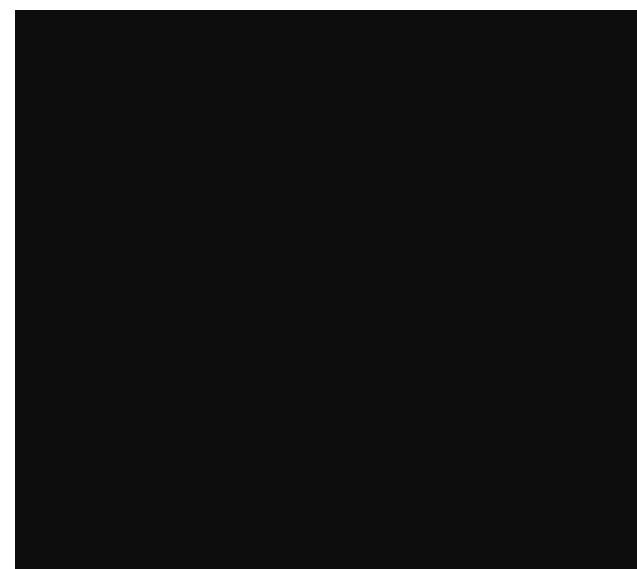
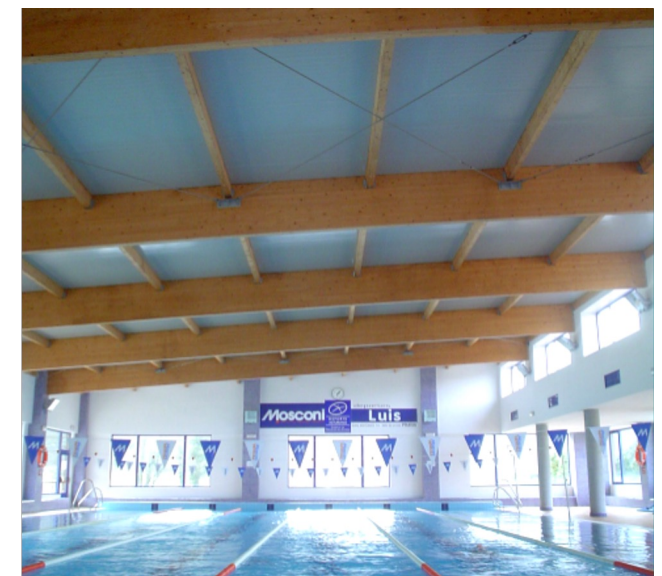
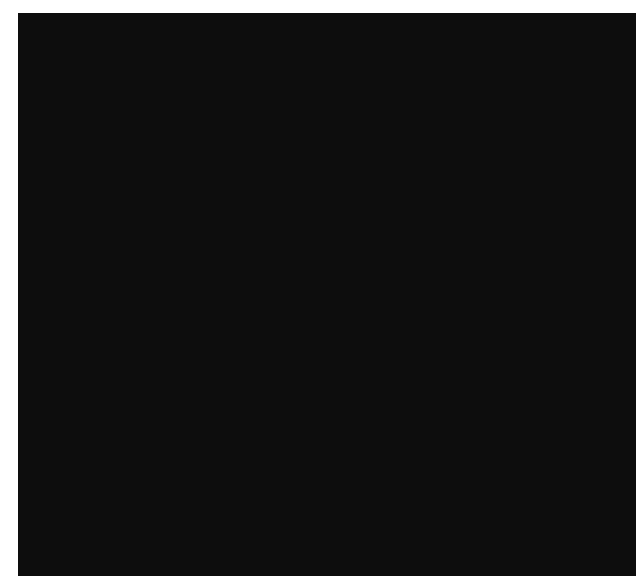




<https://www.theb1m.com/video/top-5-the-world-s-tallest-timber-buildings>



# PISCINAS











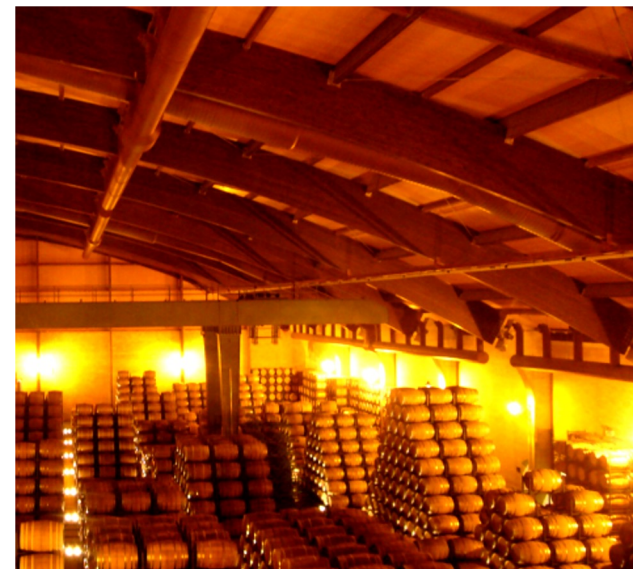
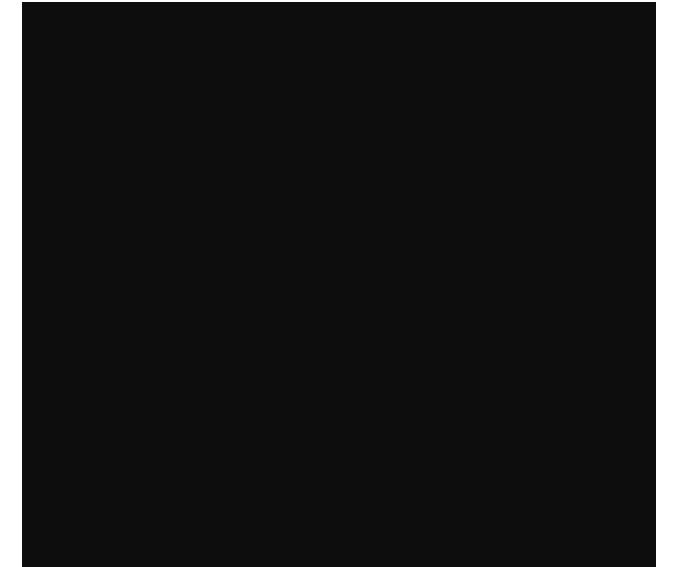
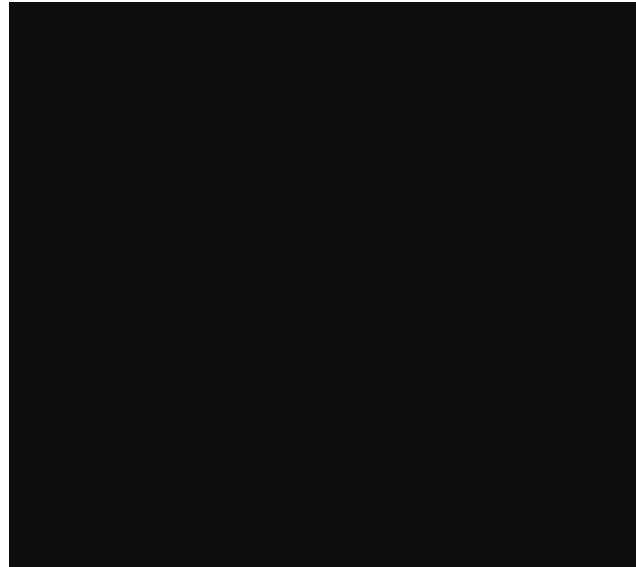
















<https://inhabitat.com>















**PUENTES  
PEATONALES**



Año 1365



**XXXVI**

**JORNADAS SUDAMERICANAS  
DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

*19 al 21 de noviembre de 2014  
Montevideo, Uruguay*





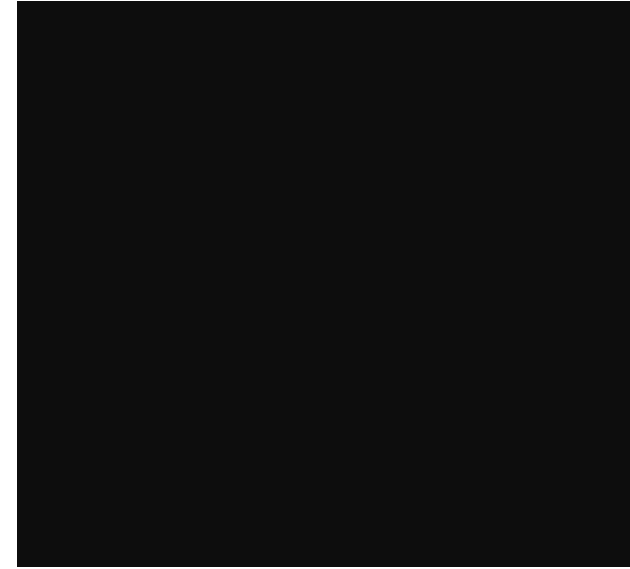




Año 1365

# Viamala-Canton of Graubünden, Suiza





**PUENTES  
VEHICULARES**









Año 1815

## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA







Edificio de oficinas  
de Tamedia,  
Zürich, Suiza.  
Arq. Shigeru Ban,  
Ing. Lehmann



## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA



Metrosol-Parasol,  
Sevilla, España.  
Arq. J. Mayer H.+ Ing.  
ARUP+ Finnforest



Área Central Expo 2000, Hannover, Alemania.  
IEZ Natterer (Ing. Julius Natterer + Arq. Thomas Herzog)



[www.heinrichhecht.de](http://www.heinrichhecht.de)

Centro Pompidou-Metz, Metz, Francia.  
Arq. Shigeru Ban. Ing. ARUP



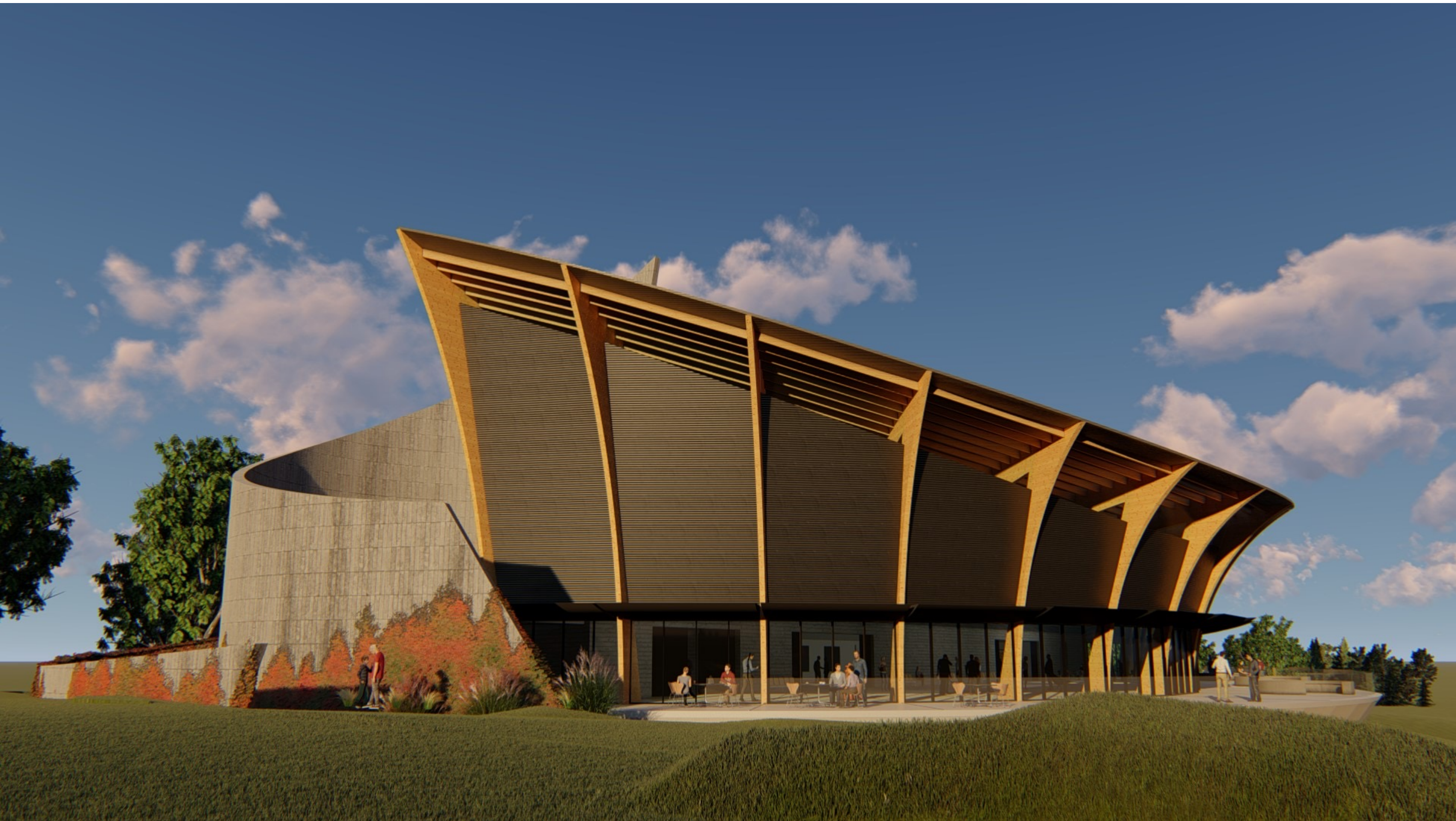
<http://worldtourisminfo.com/france/3235-Centre-PompidouMetz-photo-description-Le-centre-PompidouMetz.html>



Hotel del viento, Patagonia,  
Argentina  
Arq. Cazu Zegers



Museo de Arte Latinoamericano – Fundación Atchugarry  
Manantiales, Maldonado



Fuente: Carlos Ott Architects





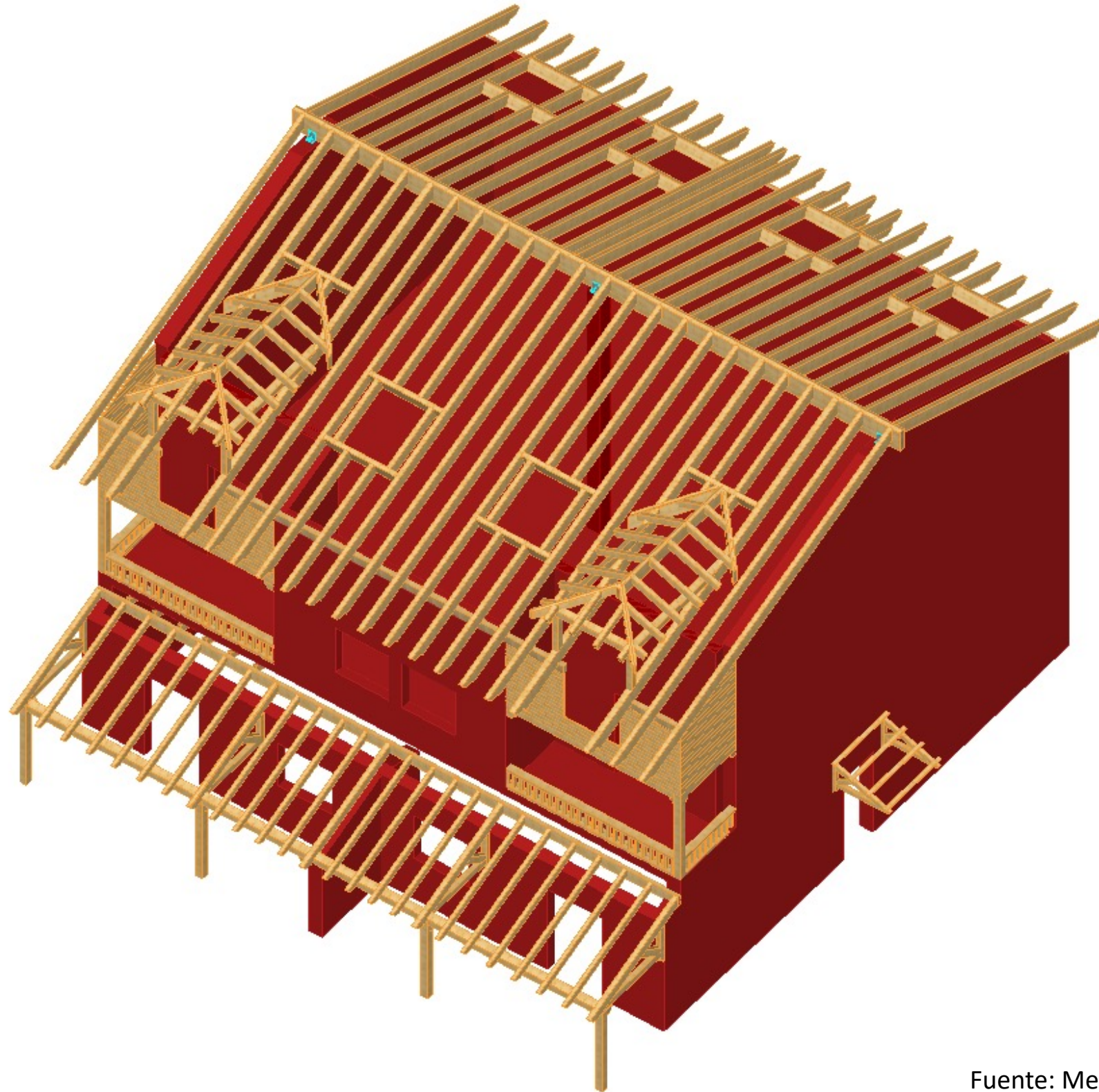


0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## 1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

ELEMENTOS SIMPLES RECTOS: VIGAS, CORREAS, CABIOS, PILARES, etc.



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

ELEMENTOS SIMPLES RECTOS: VIGAS, CORREAS, CABIOS, PILARES, etc.



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

ELEMENTOS SIMPLES RECTOS: VIGAS, CORREAS, CABIOS, PILARES, etc.



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

### VIGAS A DOS AGUAS



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

VIGAS CURVAS



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

ARCOS



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

CERCHAS Y VIGAS EN CELOSÍA



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

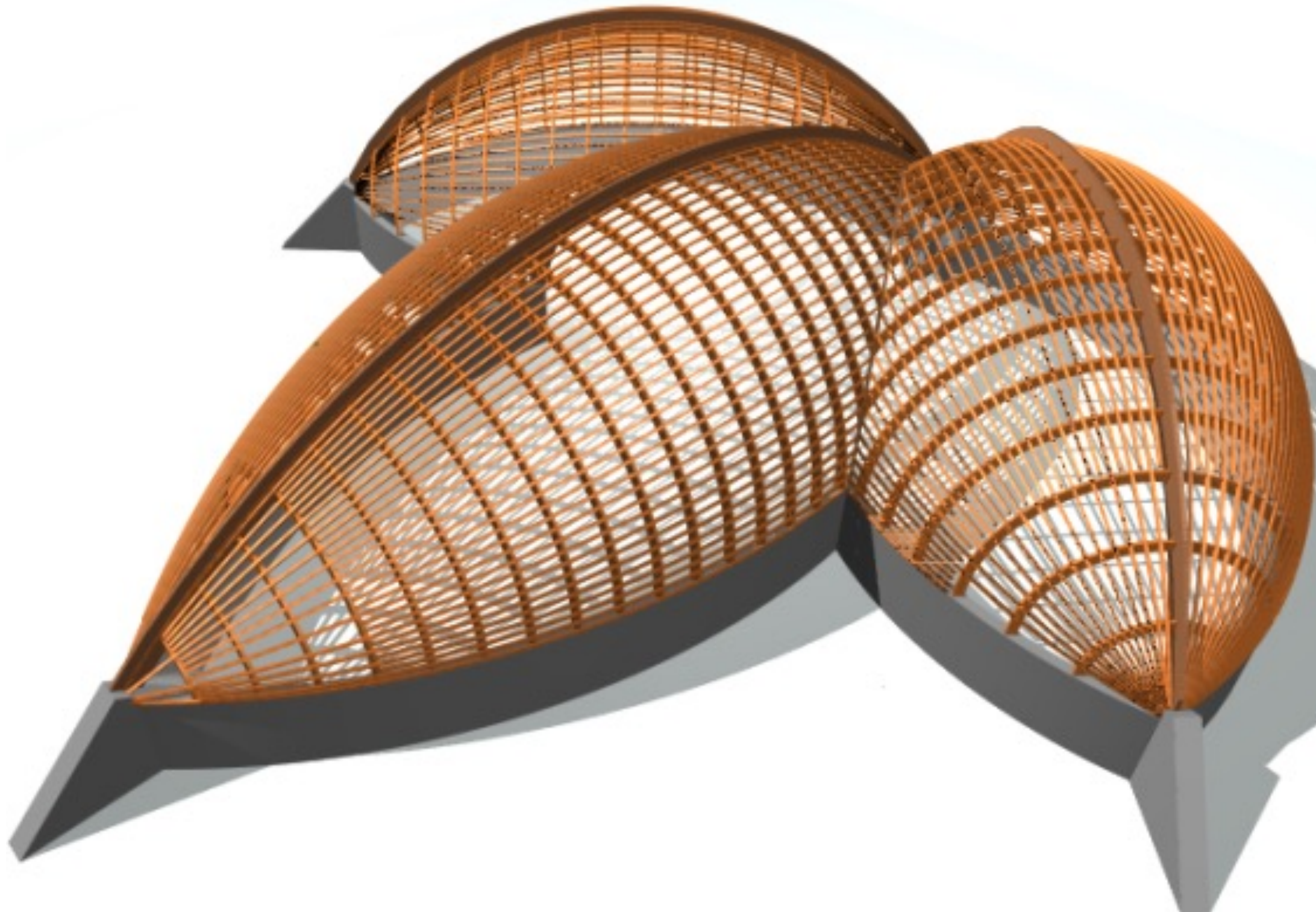
### PÓRTICOS



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA ENTAMADO LIGERO



<http://www.casademadera.org/not104.html>

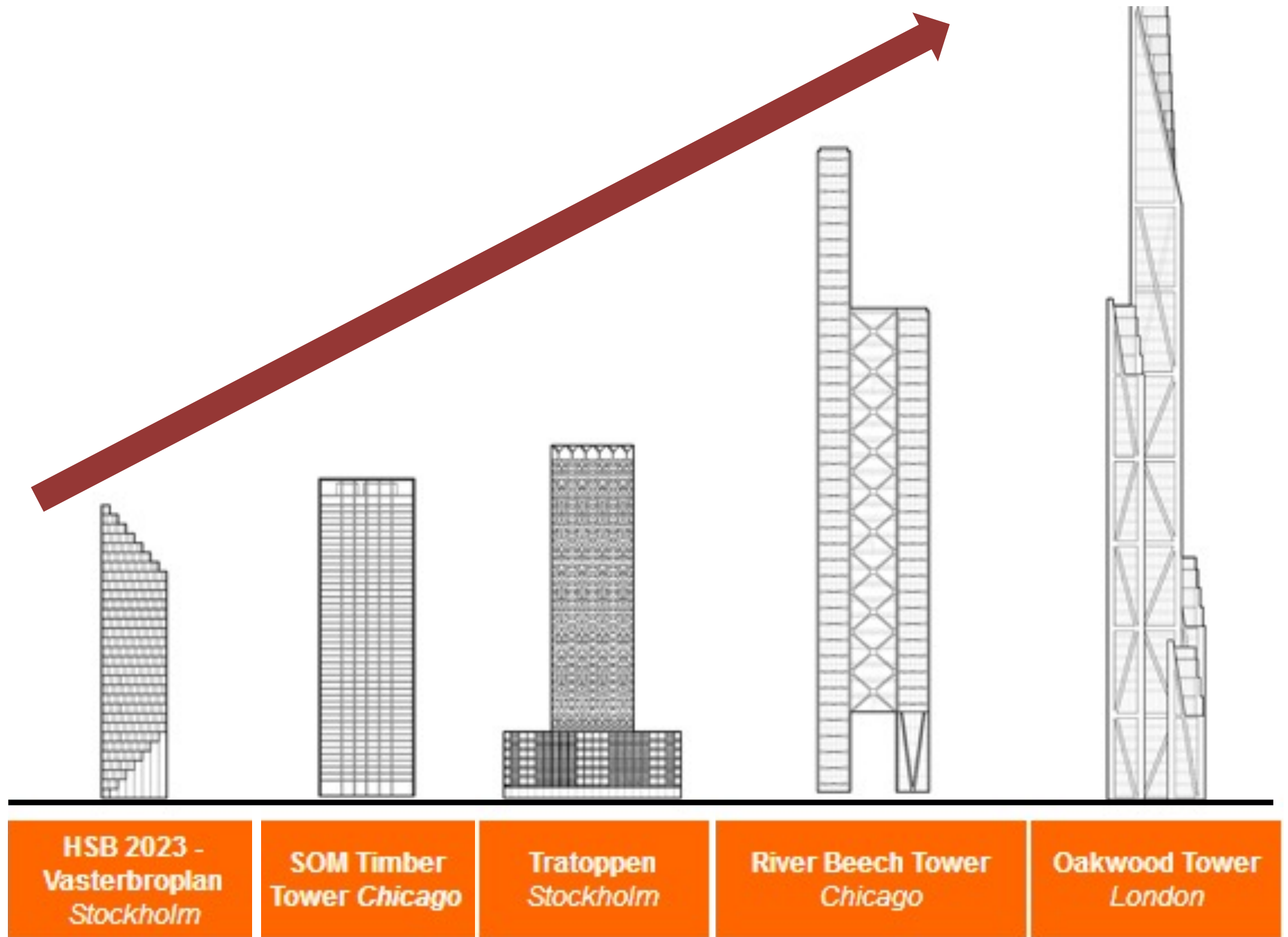
## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA ENTRAMADO LIGERO

Proyecto LA CASA URUGUAYA

Fac. Arquitectura,  
Universidad ORT



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA "MASS TIMBER"



Fuente: Media Madera, Ingenieros Consultores, S.L.

## HOTEL LA JUANITA

José Ignacio, Uruguay

ENKELGROUP, Uruguay

DOLOMIT, Italia





0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. **Especies**
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## **1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera**

## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

ESPECIE

CONÍFERAS

PINO

FRONDOSAS

EUCALIPTO



## ESPECIE

**Procedencias:** Alemania, Austria, Canadá, Eslovenia, EEUU, España, Francia, Irlanda, Italia, Países Bajos, Países Nórdicos, Portugal, Reino Unido, República Checa y República de Eslovaquia

## CONÍFERAS

*Abies alba*  
*Abies amabilis*  
*Abies balsamea*  
*Abies concolor*  
*Abies grandis*  
*Abies lasiocarpa*  
*Abies magnifica*  
*Abies procera (A. nobilis)*  
*Araucaria angustifolia*  
*Larix decidua (L. europea)*  
*Larix eurolepsis*  
*Larix kaempferi (L. leptolepsis)*  
*Larix occidentalis*  
*Picea abies*  
*Picea engelmannii*  
*Picea glauca*  
*Picea mariana*  
*Picea rubens*  
*Picea sitchensis*

*Pinus banksiana*  
*Pinus caribaea*  
*Pinus contorta*  
*Pinus echinata*  
*Pinus elliottii*  
*Pinus lambertiana*  
*Pinus monticola*  
*Pinus nigra*  
*Pinus oocarpa*  
*Pinus palustris*  
*Pinus pinaster*  
*Pinus ponderosa*  
*Pinus sylvestris*  
*Pinus taeda*  
*Pinus radiata*  
*Populus<sup>a</sup>*  
*Populus nigra*  
*Pseudotsuga menziesii*  
*Thuja plicata*  
*Tsuga heterophylla*  
*Tsuga mertensiana*

## FRONDOSAS

*Acer pseudoplatanus*  
*Castanea sativa*  
*Cylicodiscus gabunensis Harms*  
*Dinizia excelsa Ducke*  
*Dipteryx odorata Willd*  
*Dicorynia guianensis Amsh*  
*Dipterocarpus spp*  
*Dryobalanops spp*  
*Erismia uncinatum Warm*  
*Erythrophleum ivorense A. Chev*  
*Erythrophleum suaveolens Brenan*  
*Entandrophragma cylindricum*  
*Eucalyptus diversicolor*  
*Eucalyptus marginata*  
*Eucalyptus globulus*  
*Intsia bijuga*  
*Intsia palembanica*  
*Koompassia malaccensis*  
*Lophira alata*  
*Manikara bidentata*  
*Milicia excelsa*  
*Milicia regia*

*Nauclea diderrichii*  
*Nauclea suaveolens Brenan*  
*Ocotea rodiaei*  
*Shorea glauca*  
*Shorea maxwelliana*  
*Tectona grandis*  
*Tabebuia Spp*  
*Fagus sylvatica*  
*Quercus petraea*  
*Quercus robur*  
*Quercus alba*  
*Quercus rubra*  
*Quercus Spp: Ruizterania spp*  
*Fraxinus americana*  
*Fraxinus excelsior*

0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## 1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera

## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

### TIPO DE MADERA

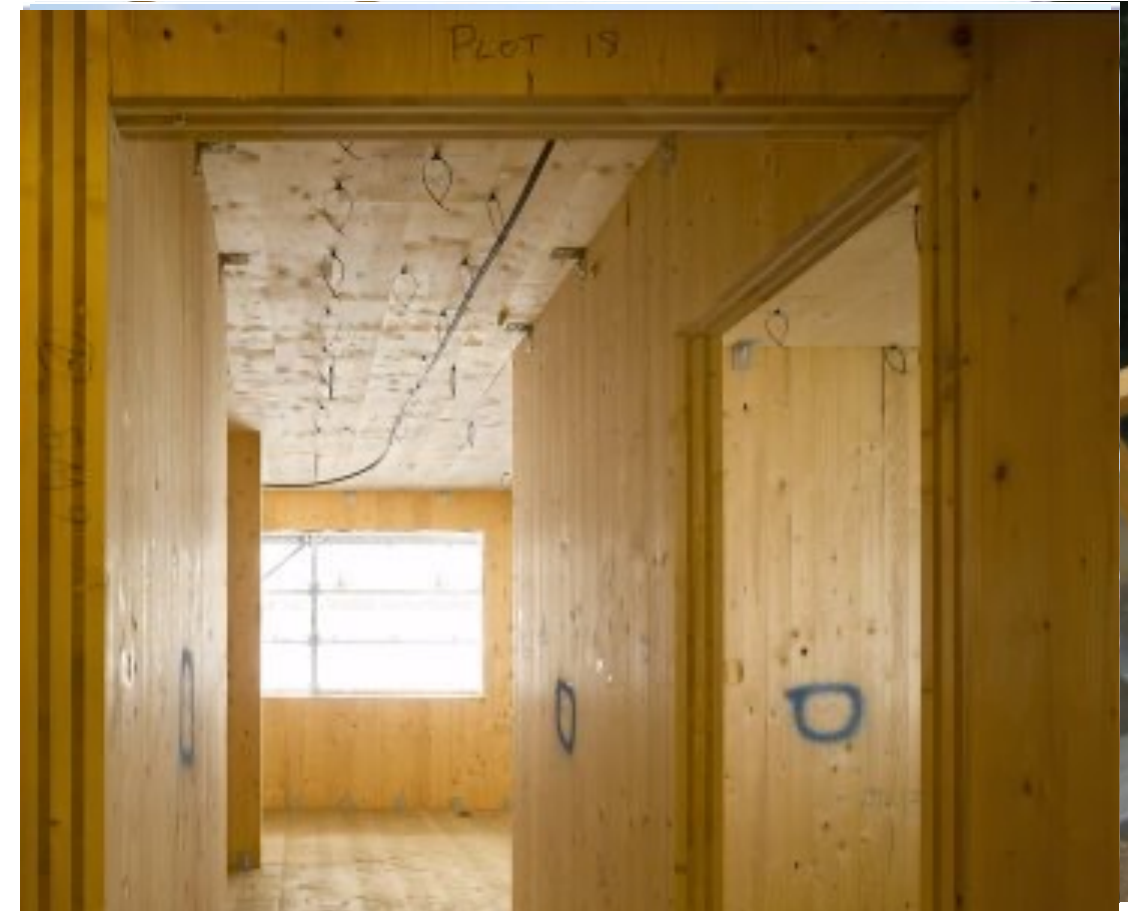
ASERRADA

LAMINADA

MICROLAMINADA

ROLOS

CLT



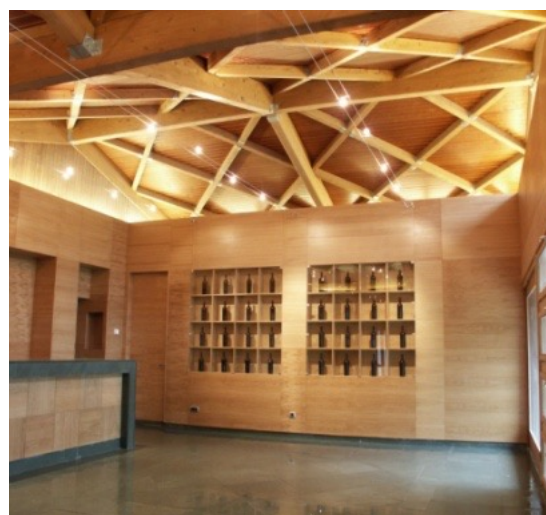
0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## 1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera



## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

ESPECIE	TIPO DE MADERA	UBICACIÓN
CONÍFERAS	ASERRADA	CLASE DE USO
FRONDOSAS	LAMINADA	CLASE 1
	MICROLAMINADA	CLASE 2
	ROLLIZOS	CLASE 3
	TABLEROS	CLASE 4
		CLASE 5



## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA



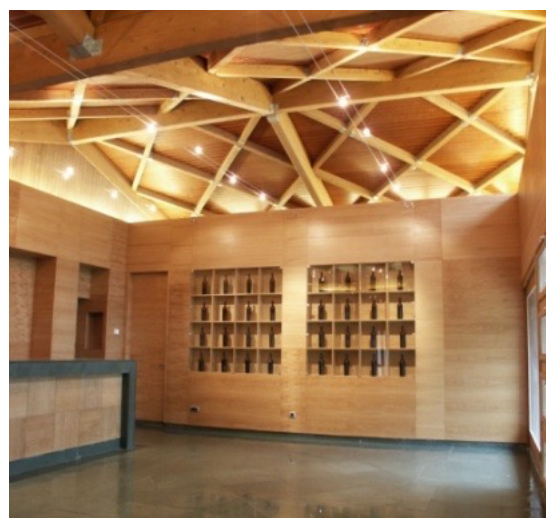


## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

ESPECIE	TIPO DE MADERA	UBICACIÓN	
CONÍFERAS	ASERRADA	CLASE DE USO	CLASE SERVICIO
FRONDOSAS	LAMINADA	CLASE 1	CLASE 1
	MICROLAMINADA	CLASE 2	CLASE 2
	ROLLIZOS	CLASE 3	CLASE 3
	TABLEROS	CLASE 4	
		CLASE 5	



VALORES DE CÁLCULO		
CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3



Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.

0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
- 6. Uniones**
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## **1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera**



## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

ESPECIE	TIPO DE MADERA	UBICACIÓN		UNIONES
CONÍFERAS	ASERRADA	CLASE DE USO	CLASE SERVICIO	TRADICIONALES
FRONDOSAS	LAMINADA	CLASE 1	CLASE 1	HERR.METÁLICOS
	MICROLAMINADA	CLASE 2	CLASE 2	
	ROLLIZOS	CLASE 3	CLASE 3	
	TABLEROS	CLASE 4		
		CLASE 5		

[www.fustesgraus.com](http://www.fustesgraus.com)



inoxidable



galvanizado en caliente



unión oculta

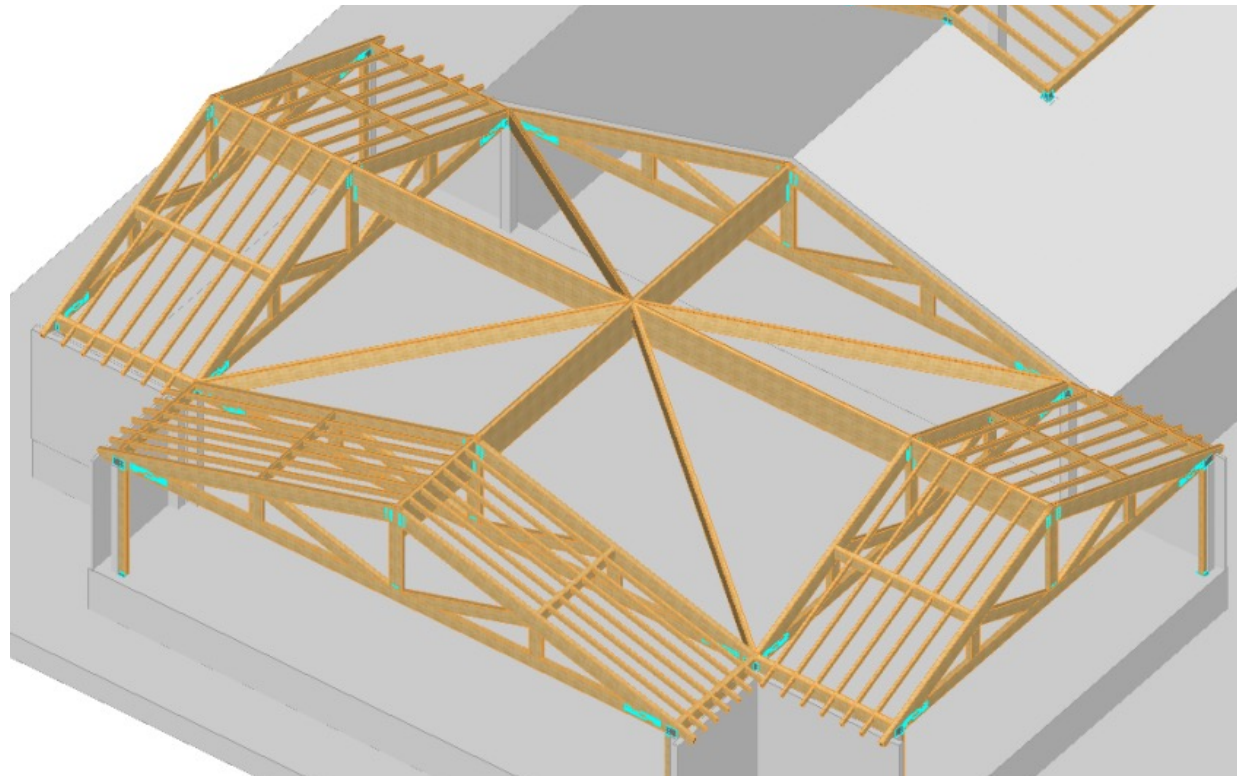


0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## **1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera**

## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.



DISEÑO Y CÁLCULO



FABRICACIÓN



MONTAJE

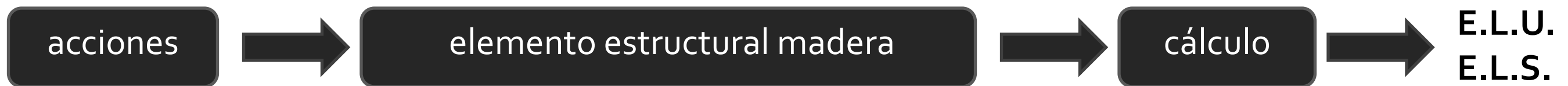


TRANSPORTE

0. ¿Por qué madera?
1. Usos habituales
2. Tipologías estructurales
3. Especies
4. Productos de madera
5. Ubicación de la madera
6. Uniones
7. Transporte y montaje
8. Normativa

## **1.2. Variables a tener en cuenta para proyectar con madera**

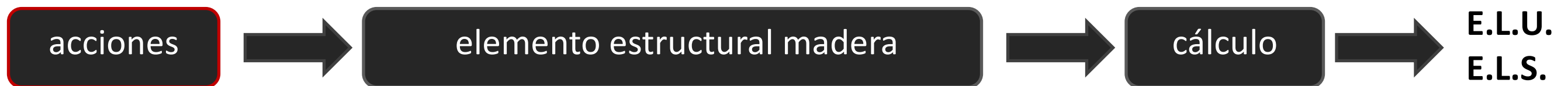
# NORMATIVA



## NORMATIVA

NORMATIVA Y PLIEGOS A CONSIDERAR EN **URUGUAY** PARA DEFINIR LAS **ACCIONES** QUE INDICEN SOBRE LAS ESTRUCTURAS:

- UNIT 33:91. Cargas a utilizar en el proyecto de edificios
- UNIT 50:84. Acción del viento sobre construcciones
- Pliego DNV:1989. Pliego de condiciones de la Dirección Nacional de Vialidad para la construcción de puentes y carreteras. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Uruguay  
Capítulo D: proyecto de puentes

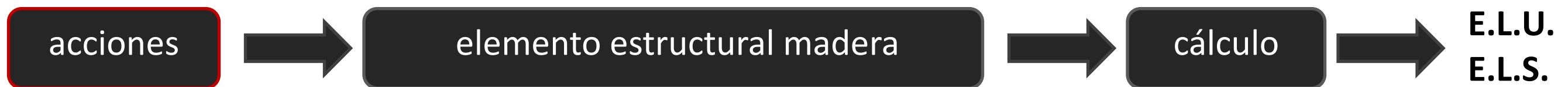




## NORMATIVA

NORMATIVA Y PLIEGOS A CONSIDERAR EN **URUGUAY** PARA DEFINIR LAS **ACCIONES** QUE INDICEN SOBRE LAS ESTRUCTURAS:

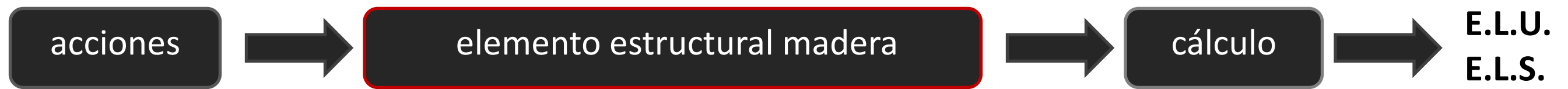
UNIT 33:91.	Cargas a utilizar en el proyecto de edificios
UNIT 50:84.	Acción del viento sobre construcciones
Pliego DNV:1989.	Pliego de condiciones de la Dirección Nacional de Vialidad para la construcción de puentes y carreteras. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Uruguay Capítulo D: proyecto de puentes



NORMATIVA Y PLIEGOS A CONSIDERAR EN **EUROPA** PARA DEFINIR LAS **ACCIONES** QUE INDICEN SOBRE LAS ESTRUCTURAS:

EN-1990.	Eurocódigo 1. Bases de proyecto y acciones en la edificación
CTE-SE-AE.	Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación
IAP.	Instrucción de Acciones en Puentes de Carretera

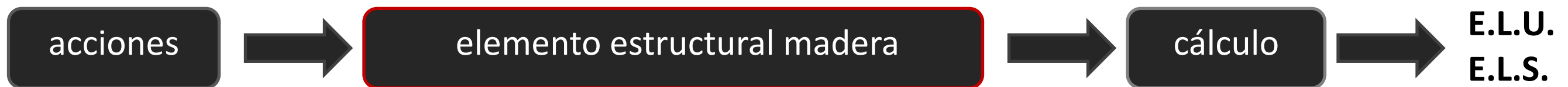
# NORMATIVA



## NORMATIVA

### PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA **URUGUAYA**:

UNIT 1261	Madera aserrada de uso estructural. Clasificación visual. Madera de pino taeda y pino ellioti ( <i>Pinus taeda</i> y <i>Pinus elliotii</i> )
UNIT 1262	Madera aserrada de uso estructural. Clasificación visual. Madera de eucalipto ( <i>Eucalyptus grandis</i> )
UNIT 1264	Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Requisitos de fabricación
UNIT 1265	Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Requisitos

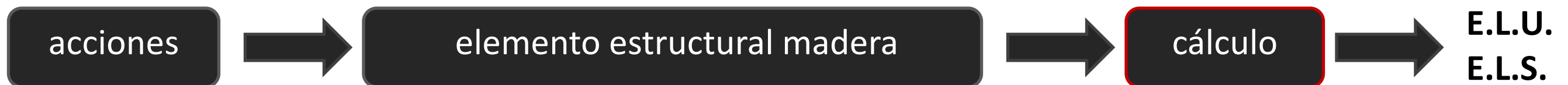


### PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA DE **OTRAS PROCEDENCIAS**:

EN 338. Madera estructural. Clases resistentes

Argentina, Chile, Brasil, EEUU, ...

## NORMATIVA



### NORMATIVA PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA: **EUROCÓDIGO 5**

EN 1995-1-1:2006/A1:2010. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación

EN 1995-1-2:2011. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Proyecto de estructuras sometidas a fuego

EN 1995-2:2010. Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes

### PROPUESTA DE ANEXO NACIONAL URUGUAYO AL EUROCÓDIGO 5



**GRACIAS POR LA  
ATENCIÓN**

