



# Estructuras de madera

Dpto. Estructuras. IET. Instituto de Estructuras y Transporte



## 1.0. ¿Por qué madera?

1.1. Usos habituales

1.2. Tipologías estructurales

1.3. Especies

1.4. Productos de madera

1.5. Ubicación de la madera

1.6. Uniones

1.7. Transporte y montaje

1.8. 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)



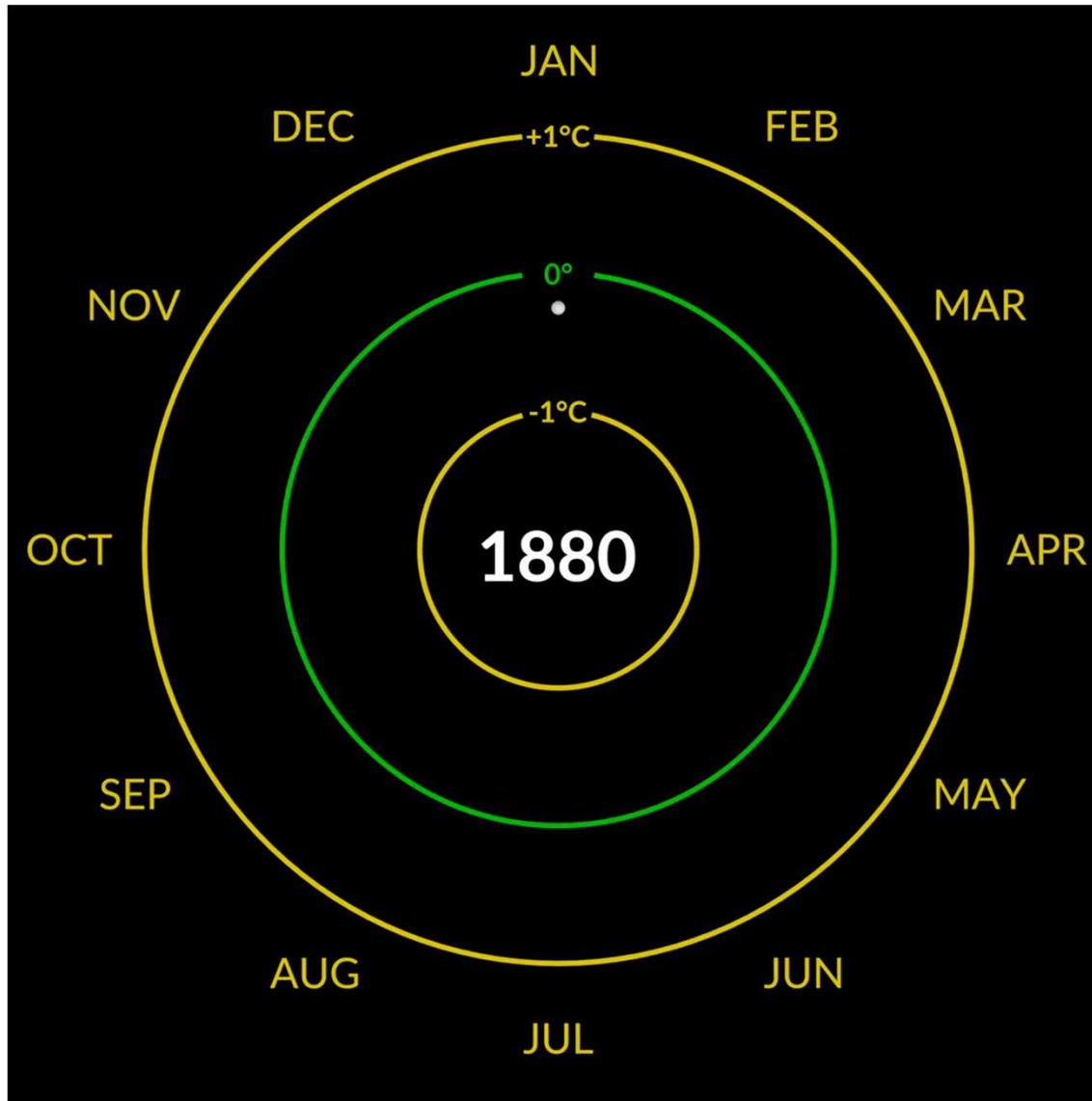
# ¿POR QUÉ MADERA?

## 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?

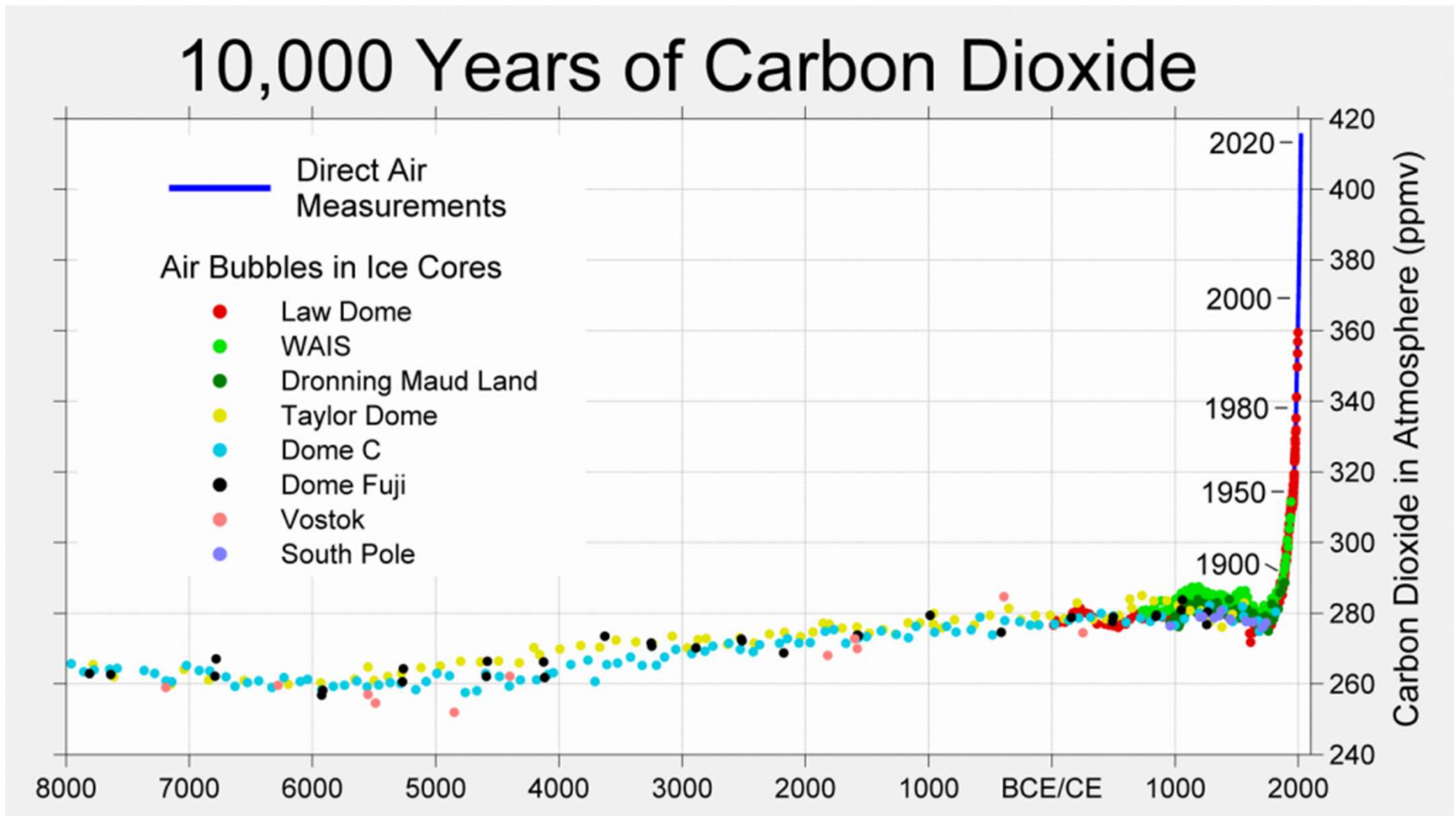
1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**:





# ¿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).

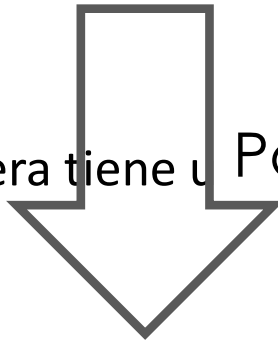
## 2. Propiedades estructurales: la madera tiene una **alta relación resistencia/peso propio**





# ¿POR QUÉ MADERA?

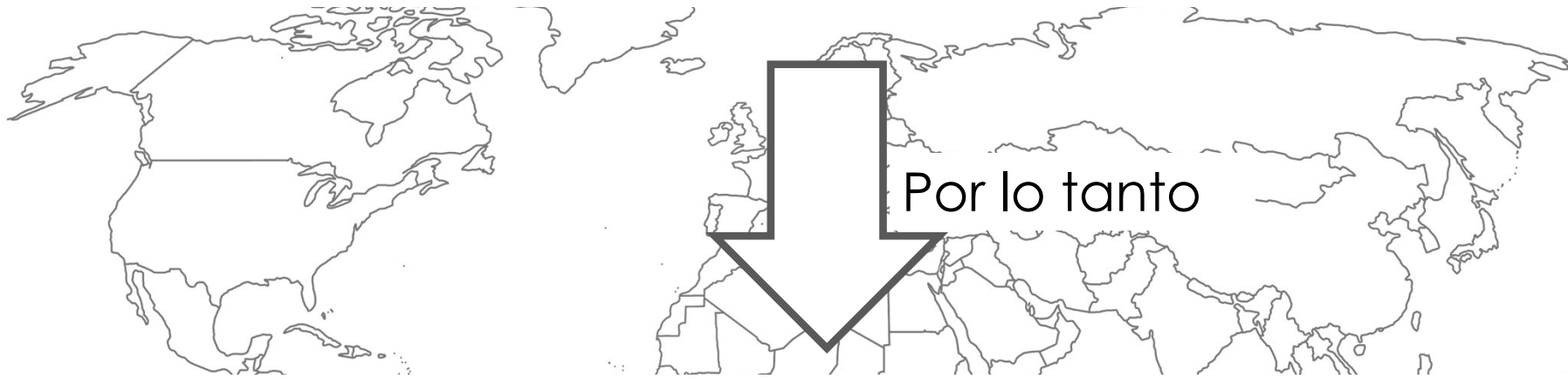
1. La construcción con madera tiene **ventajas ambientales**



2. Propiedades estructurales: la madera tiene una **alta resistencia**. 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**



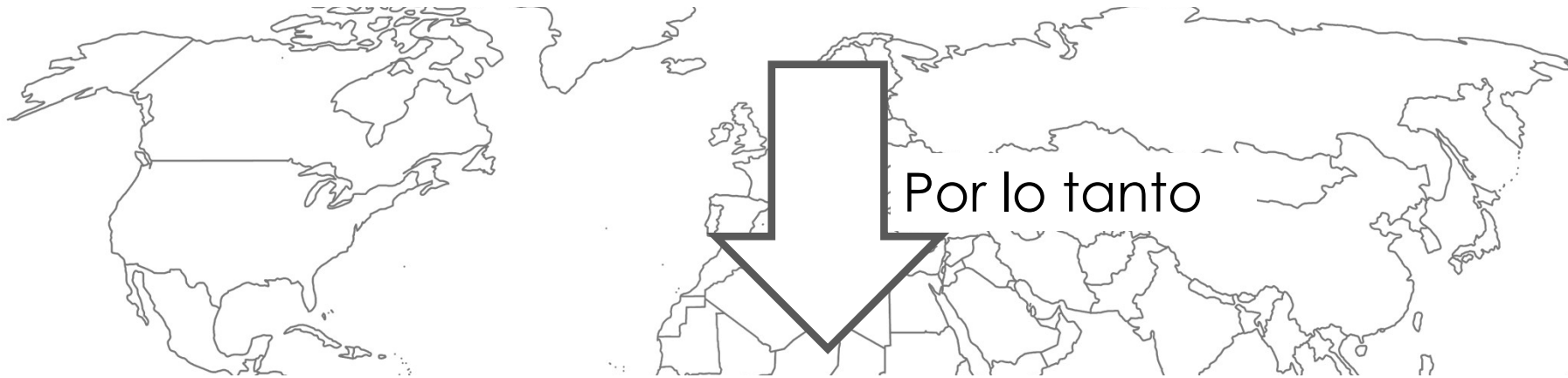
Por lo tanto

**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**



Por lo tanto

**Un creciente número de países están diseñando políticas para construir con madera**  
**La construcción con madera se está haciendo global** (Ramage et al. 2017)





1.0. ¿Por qué madera?

1.1. Usos habituales

1.2. Tipologías estructurales

1.3. Especies

1.4. Productos de madera

1.5. Ubicación de la madera

1.6. Uniones

1.7. Transporte y montaje

1.8. Normativa

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

VIVIENDA



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









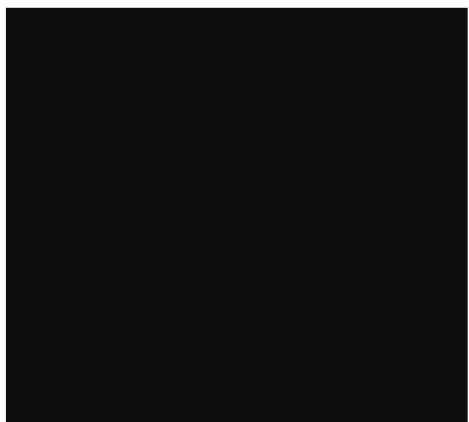


## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

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



# PISCINAS



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



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









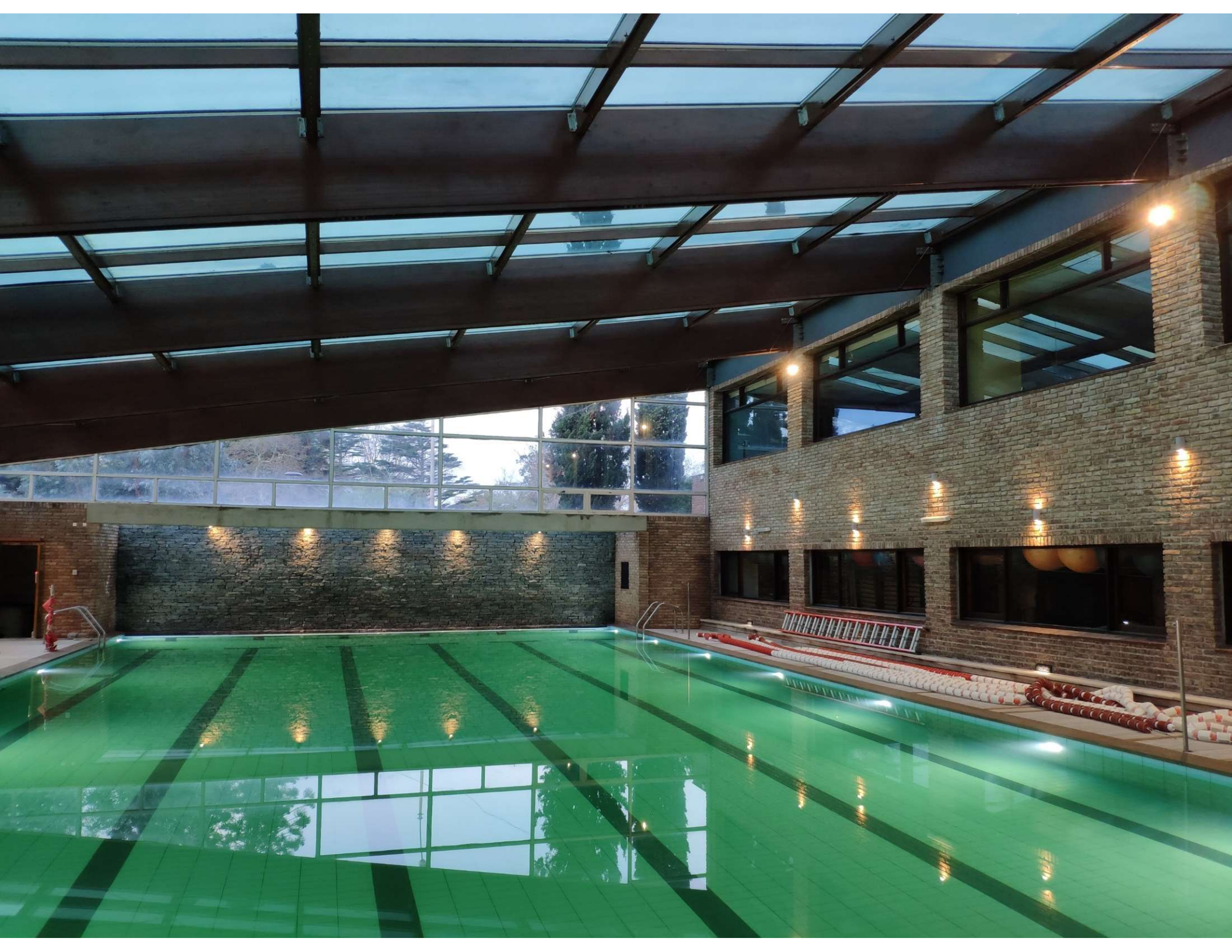


## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA



**media madera**  
ingenieros consultores









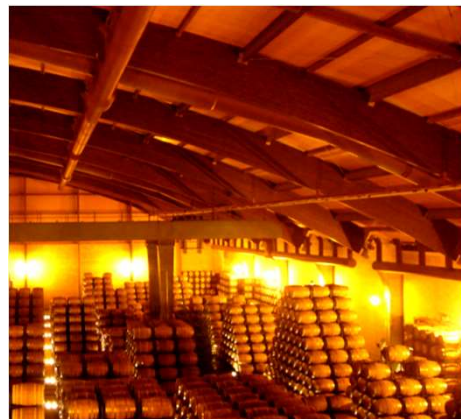














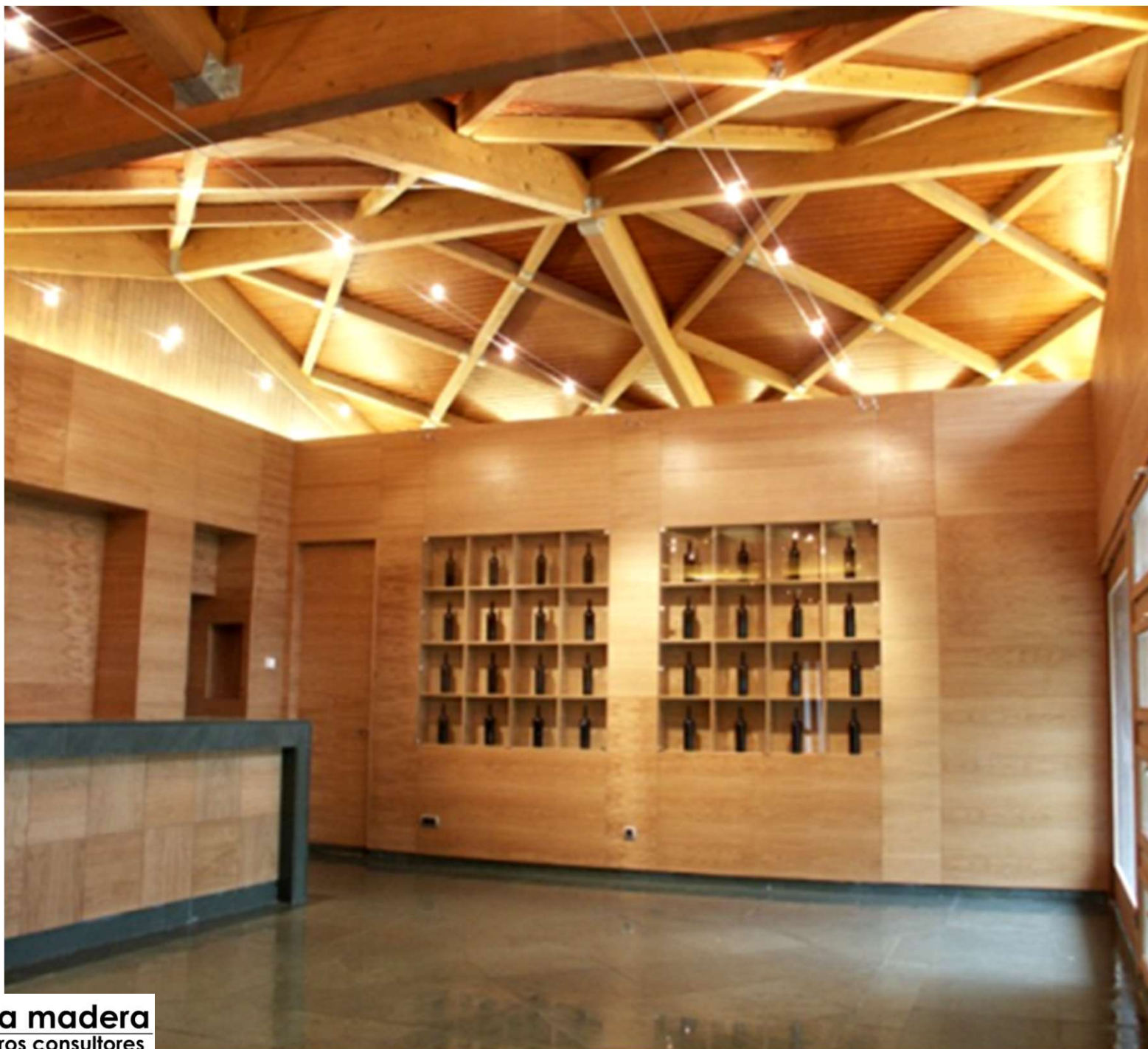




<https://inhabitat.com>

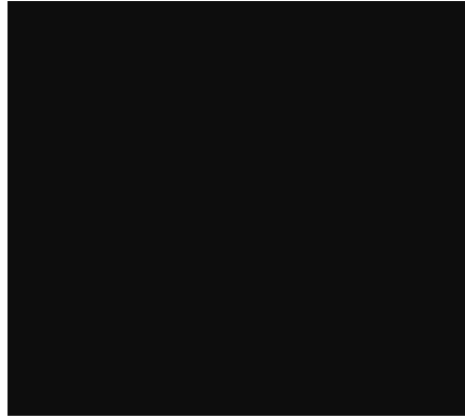


## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA



**media maderas**  
ingenieros consultores

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









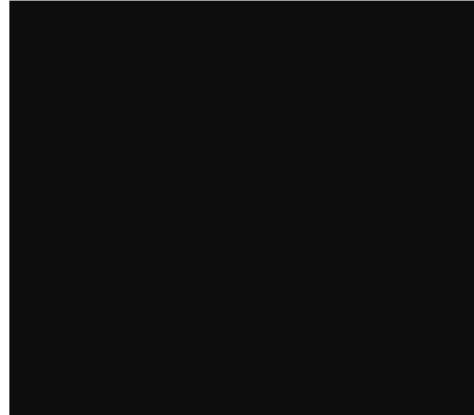


## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA



**media maderas**  
ingenieros consultores

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







**XXXVI**

**JORNADAS SUDAMERICANAS  
DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

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



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





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



**media maderas**  
ingenieros consultores



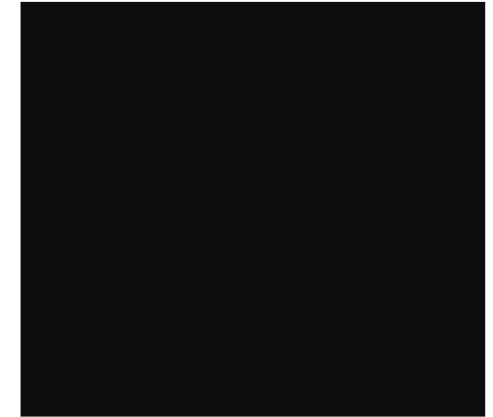
Año 1365



# Viamala-Canton of Graubünden, Suiza



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





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









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>

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

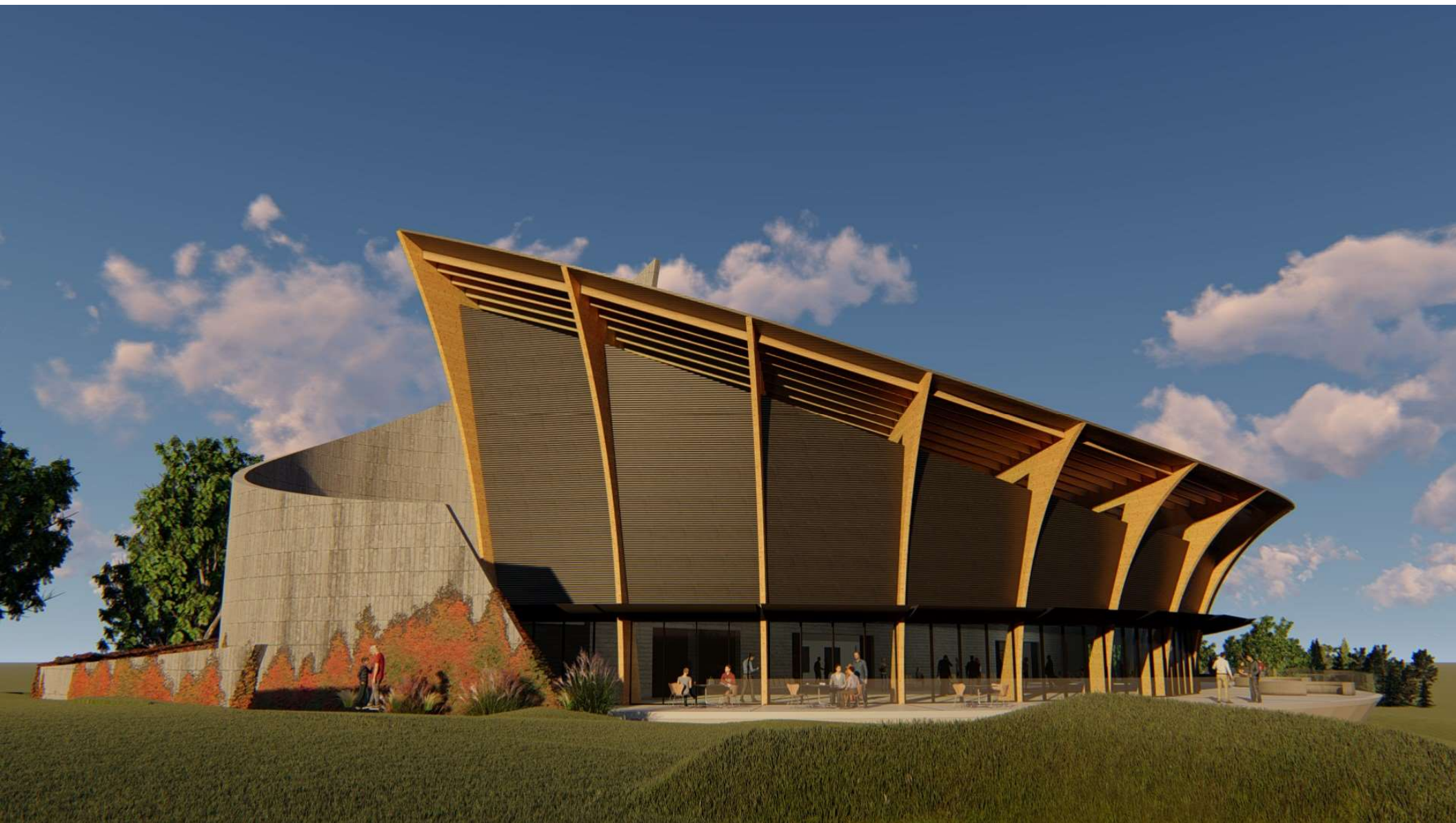


Hotel del viento, Patagonia,  
Argentina  
Arq. Cazu Zegers





Museo de Arte Latinoamericano – Fundación Atchugarry  
Manantiales, Maldonado



Fuente: Carlos Ott Architects









1.0. ¿Por qué madera?

1.1. Usos habituales

**1.2. Tipologías estructurales**

1.3. Especies

1.4. Productos de madera

1.5. Ubicación de la madera

1.6. Uniones

1.7. Transporte y montaje

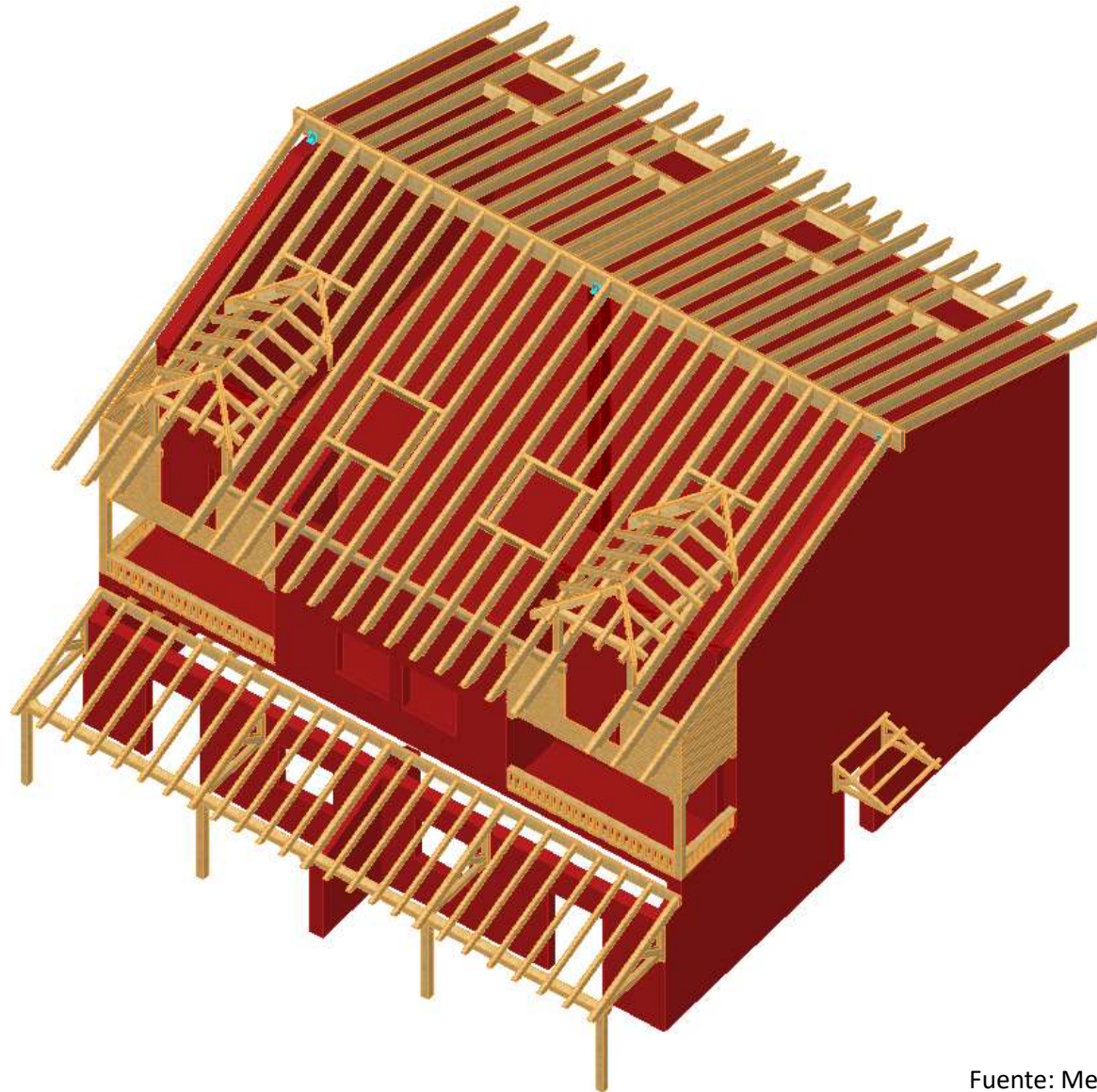
1.8. Normativa

**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.



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



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

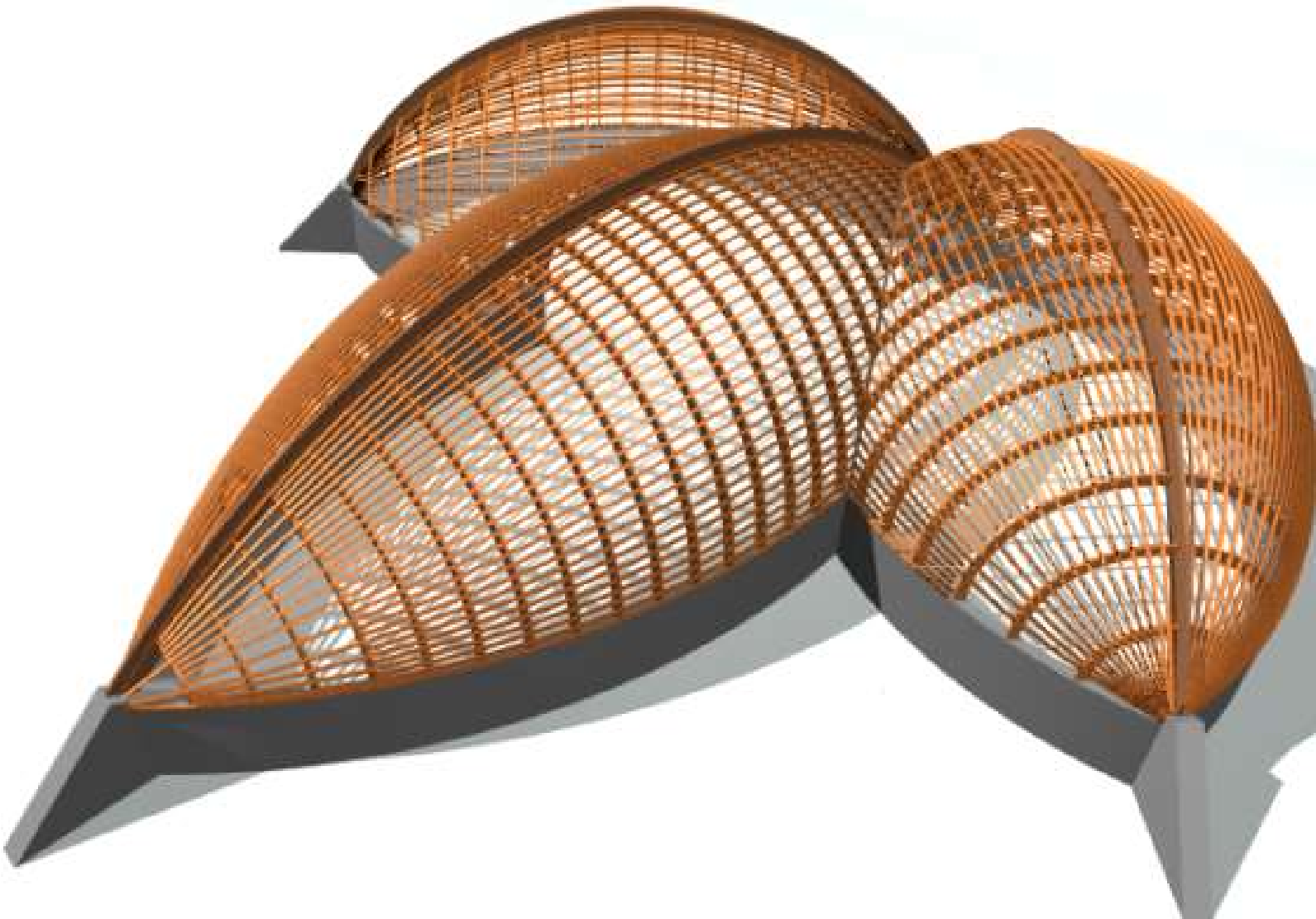


Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA POSTE Y VIGA

ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES



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

## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA ENTAMADO LIGERO



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



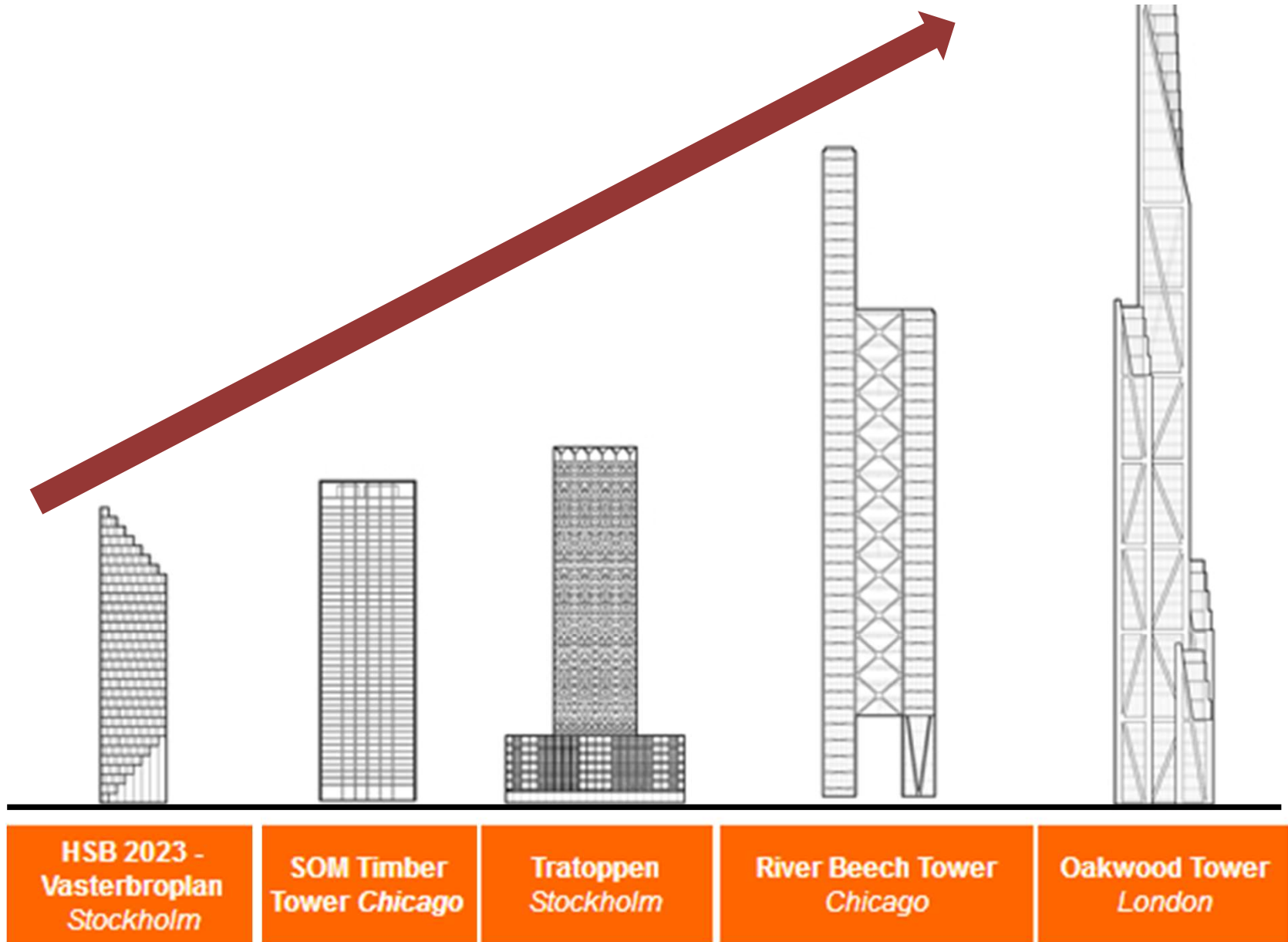
## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA ENTRAMADO LIGERO

Proyecto LA CASA URUGUAYA

Fac. Arquitectura,  
Universidad ORT



## TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES: SISTEMA "MASS TIMBER"



Fuente: Ividia Iviadera, ingenieros consultores, S.L.



## HOTEL LA JUANITA

José Ignacio, Uruguay

ENKELGROUP, Uruguay

DOLOMIT, Italia



- 1.0. ¿Por qué madera?
- 1.1. Usos habituales
- 1.2. Tipologías estructurales
- 1.3. Especies**
- 1.4. Productos de madera
- 1.5. Ubicación de la madera
- 1.6. Uniones
- 1.7. Transporte y montaje
- 1.8. 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 elliotii*  
*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*  
*Erisma 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*



- 1.0. ¿Por qué madera?
- 1.1. Usos habituales
- 1.2. Tipologías estructurales
- 1.3. Especies
- 1.4. Productos de madera
- 1.5. Ubicación de la madera
- 1.6. Uniones
- 1.7. Transporte y montaje
- 1.8. 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





- 1.0. ¿Por qué madera?
- 1.1. Usos habituales
- 1.2. Tipologías estructurales
- 1.3. Especies
- 1.4. Productos de madera
- 1.5. Ubicación de la madera
- 1.6. Uniones
- 1.7. Transporte y montaje
- 1.8. 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

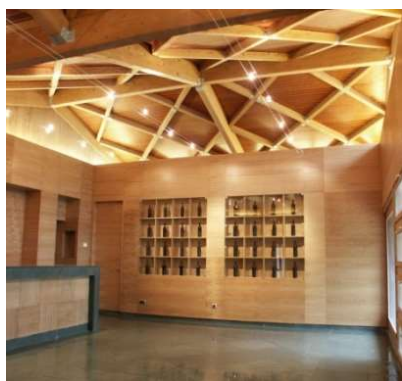


## 1.2. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

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.



- 1.0. ¿Por qué madera?
- 1.1. Usos habituales
- 1.2. Tipologías estructurales
- 1.3. Especies
- 1.4. Productos de madera
- 1.5. Ubicación de la madera
- 1.6. Uniones**
- 1.7. Transporte y montaje
- 1.8. 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



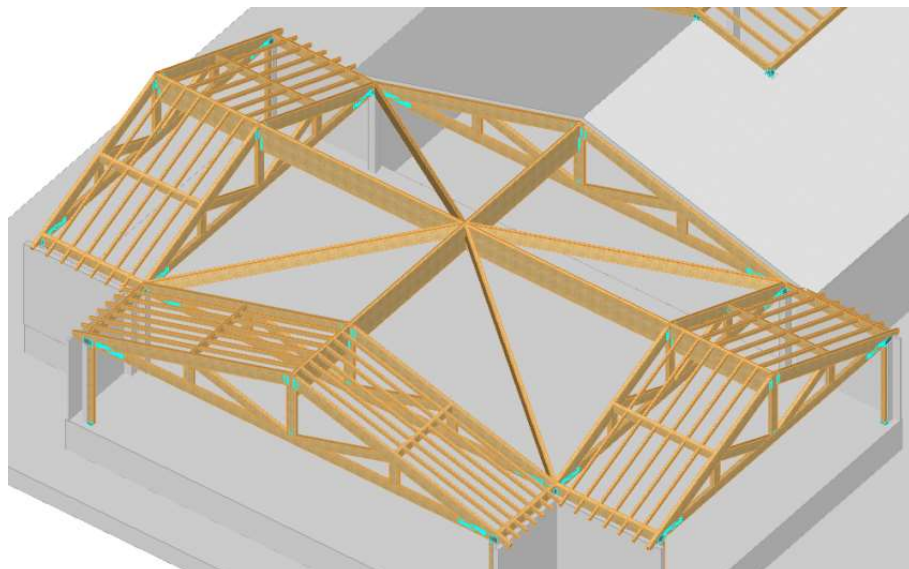


- 1.0. ¿Por qué madera?
- 1.1. Usos habituales
- 1.2. Tipologías estructurales
- 1.3. Especies
- 1.4. Productos de madera
- 1.5. Ubicación de la madera
- 1.6. Uniones
- 1.7. Transporte y montaje
- 1.8. Normativa

## **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



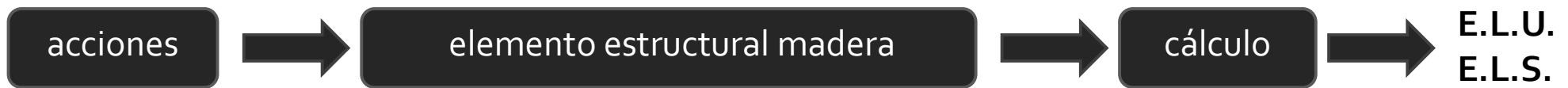
TRANSPORTE



- 1.0. ¿Por qué madera?
- 1.1. Usos habituales
- 1.2. Tipologías estructurales
- 1.3. Especies
- 1.4. Productos de madera
- 1.5. Ubicación de la madera
- 1.6. Uniones
- 1.7. Transporte y montaje
- 1.8. Normativa

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

## NORMATIVA

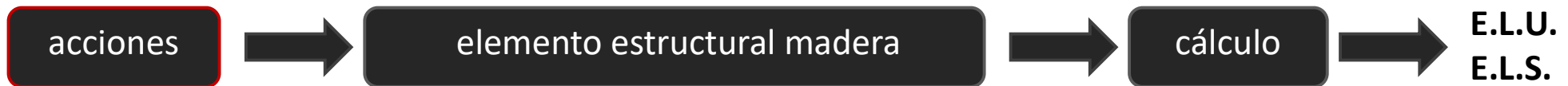




## NORMATIVA

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

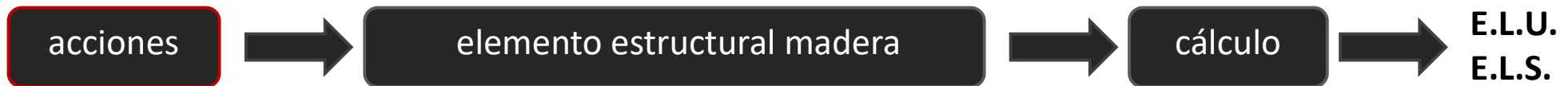
- UNIT 33:91. Cargas a utilizar en el proyecto de edificios
- UNIT 50:84. Acción del viento sobre construcciones
- Pliego DNV:1989. Pliego de condiciones de la Dirección Nacional de Vialidad para la construcción de puentes y carreteras. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Uruguay  
Capítulo D: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

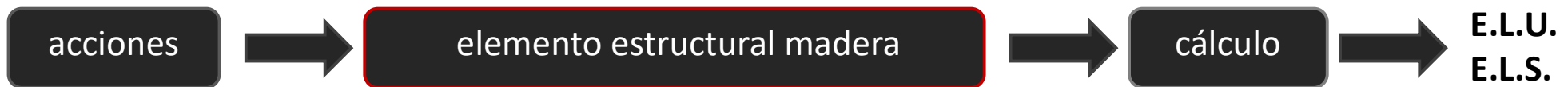


### NORMATIVA Y PLIEGOS A CONSIDERAR EN **EUROPA** PARA DEFINIR LAS **ACCIONES** QUE INDICEN SOBRE LAS ESTRUCTURAS:

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



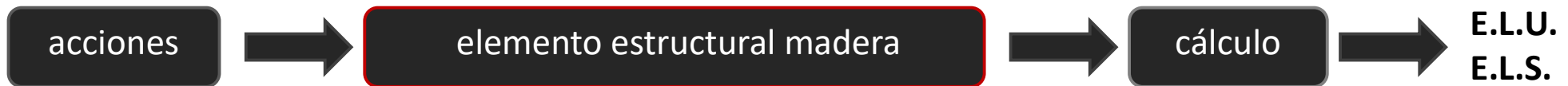
# NORMATIVA



## NORMATIVA

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

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



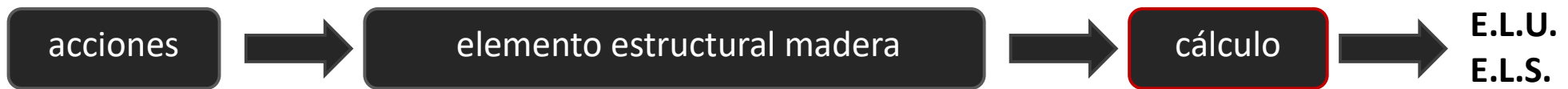
### PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA DE OTRAS PROCEDENCIAS:

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