



Programa de ESTRUCTURAS DE MADERA 1

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Estructuras de madera 1

2. CRÉDITOS

8 créditos

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

El objetivo general de esta unidad curricular es introducir al estudiante al análisis, diseño y representación de estructuras de madera. Los objetivos específicos son:

1. repasar y ampliar los conceptos fundamentales de la madera como material estructural, incluyendo su anatomía y propiedades físicas y mecánicas;
2. explorar el proceso de fabricación, caracterización, certificación y control de los productos de ingeniería en madera;
3. abordar los principios básicos de protección de las estructuras de madera;
4. diseñar elementos estructurales de madera tipo barra, tales como pilares y vigas;
5. presentar aspectos relevantes y generales del diseño estructural, como sistemas de arriostramiento, diseño para resistencia al fuego y análisis de vibraciones;
6. introducir los tipos de uniones y el cálculo de conexiones mecánicas simples;
7. orientar en la resolución y representación gráfica de estructuras simplificadas;
8. preparar al estudiante para integrarse eficazmente en equipos profesionales de diseño de estructuras de madera.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La metodología de enseñanza combina clases teórico-prácticas con trabajo autónomo del estudiante. En las clases, se presentan los conceptos teóricos fundamentales, junto con su aplicación práctica a través de ejemplos y ejercicios relevantes. El trabajo del estudiante abarca la lectura de materiales complementarios que profundizan los temas tratados en clase, la realización de ejercicios individuales que refuerzan el aprendizaje, el desarrollo de un proyecto práctico grupal que permite aplicar los conocimientos adquiridos en un contexto colaborativo y realista, y la preparación para el examen final, que evalúa la comprensión y



aplicación de los conocimientos de la unidad curricular.

La unidad curricular consta de 48 horas presenciales, divididas en 45 horas (3 horas semanales) de clases teórico-prácticas y 3 horas destinadas al examen final. Se espera que el estudiante invierta otras 72 horas en actividades autónomas, distribuidas en 30 horas (2 horas por semana) para la lectura de materiales complementarios y realización de ejercicios, 30 horas (2 horas por semana) para el desarrollo de un proyecto práctico grupal, y 12 horas para la preparación del examen final.

5. TEMARIO

1. La madera como material estructural

- a. Clasificación y anatomía de las plantas leñosas: taxonomía; coníferas y latifoliadas; plantaciones en Uruguay; estructura macroscópica, microscópica y submicroscópica de la madera.
- b. Propiedades físicas de la madera: tipos de agua en la madera; contenido de humedad; humedad de equilibrio higroscópico; hinchazón, contracción y estabilidad dimensional; densidad.
- c. Propiedades mecánicas de la madera: comportamiento elástico ortótropo; ley constitutiva de la madera libre de defectos; aplicación a la madera de tamaño estructural; rigideces y resistencias en el cálculo estructural; factores que influyen en las propiedades mecánicas.

2. Productos de ingeniería de madera

- a. Madera aserrada: fabricación; propiedades visuales, no destructivas y destructivas; ensayos mecánicos; clasificación estructural; clases resistentes; sistema de caracterización; certificación; contexto nacional.
- b. Madera laminada encolada: antecedentes, fabricación; comparación con la madera aserrada; clases resistentes; sistema de caracterización; certificación; control de calidad en fábrica; contexto nacional.

3. Estructuras de madera

- a. Tipos de estructuras: sistema de entramado ligero; sistema de entramado pesado (poste y viga); sistema de madera masiva (*mass timber*).
- b. Sistemas de arriostramiento: estabilidad global; resistencia y transmisión a las fundaciones de las acciones horizontales; reducción de luces de pandeo; métodos de cálculo; disposiciones constructivas.
- c. Durabilidad y protección: agentes que degradan la madera; clases de uso; durabilidad natural; protección por diseño; tratamientos superficiales y en profundidad; impregnación; modificación térmica y química.
- d. Proceso y bases de diseño: diseño conceptual; modelado estructural; diseño



preliminar y detallado; fabricación y montaje; seguridad estructural; métodos ASD y LRFD; Eurocódigos y Anexos nacionales.

4. Estados límite últimos (ELU)

- a. ELU en situación persistente y transitoria: combinación de acciones; resistencias de diseño; tracción y compresión paralela a la fibra; tracción y compresión perpendicular a la fibra; flexión simple; cortante; torsión; inestabilidad en barras comprimidas y flexionadas; combinación de esfuerzos.
- b. ELU en situación accidental de incendio: fases de un incendio; reacción y resistencia al fuego; comportamiento de la madera; combinación de acciones; método de la sección reducida; introducción a la protecciones y uniones.

5. Estados límite de servicio (ELS)

- a. ELS de deflexiones: cálculo de flecha instantánea y diferida; influencia del cortante; combinaciones de acciones; flecha activa, instantánea y total.
- b. ELS de vibraciones: introducción a la dinámica de estructuras; sistema de un grado de libertad; oscilador forzado; respuesta a un impulso; sistemas de varios grados de libertad; modos de vibración; fuentes de excitación de estructuras; respuesta humana a las vibraciones; verificación de entrepisos.

6. Introducción a las uniones

- a. Tipos de uniones: uniones tradicionales o carpinteras; verificaciones locales; uniones mecánicas, ejemplos de herrajes; uniones encoladas.
- b. Cálculo de conexiones tipo clavija: ecuaciones de Johansen; resistencia al aplastamiento de la madera; momento plástico del elemento de fijación; efecto sogá; aplicación a conexiones madera-madera y madera-acero, en corte simple y corte doble; distancias mínimas.

6. BIBLIOGRAFÍA

| Tema | Básica | Complementaria |
|---|--------|----------------|
| Clasificación y anatomía de las plantas leñosas | [1] | - |
| Propiedades físicas de la madera | [1] | - |
| Propiedades mecánicas de la madera | [1] | - |
| Madera aserrada | [1] | [5-8, 15-16] |
| Madera laminada encolada | [1] | [8-9] |
| Tipos de estructuras | [4] | - |
| Sistemas de arriostramiento | [4] | - |
| Durabilidad y protección | [3] | [10] |
| Proceso y bases de diseño | [4] | [11, 13] |



| | | |
|--|-----|------------|
| ELU en situación persistente y transitoria | [1] | [11-12,14] |
| ELU en situación accidental de incendio | [3] | [12-14] |
| ELS de deflexiones | [1] | [11-12,14] |
| ELS de vibraciones | [4] | - |
| Tipos de uniones | [2] | [11-12,14] |
| Cálculo de conexiones tipo clavija | [2] | [11-12,14] |

6.1 Básica

1. Argüelles, Ramón; Arriaga, Francisco (2018). Estructuras de Madera: Bases de cálculo. Madrid: AITIM.
2. Argüelles, Ramón; Arriaga, Francisco; Esteban, Miguel; Íñiguez, Guillermo; Argüelles Jr., Ramón (2015). Estructuras de Madera: Uniones. Madrid: AITIM.
3. Peraza, Fernando (2002). Protección preventiva de la madera. Madrid: AITIM.
4. Swedish Wood (2022). Design of timber structures: Volume 1 – Structural aspects of timber construction. Estocolmo, Swedish Wood.

6.2 Complementaria

5. Asociación Española de Normalización (2016). UNE-EN 338:2016– Madera estructural: Clases resistentes. Madrid: AENOR.
6. Asociación Española de Normalización (2012). UNE-EN 1912:2012– Madera estructural: Clases resistentes: Asignación de calidades visuales y especies. Madrid: AENOR.
7. Asociación Española de Normalización (2019). UNE-EN 384:2016+A1:2019 – Madera estructural: Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Madrid: AENOR.
8. Asociación Española de Normalización (2011). UNE-EN 408:2011 –Estructuras de madera: Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural: Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Madrid: AENOR.
9. Asociación Española de Normalización (2022). UNE-EN 14080:2022 – Estructuras de madera: Madera laminada encolada y madera maciza encolada: Requisitos. Madrid: AENOR.
10. Asociación Española de Normalización (2013). UNE-EN 335:2013 – Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Clases de uso: definiciones, aplicación a la madera maciza y a los productos derivados de la madera. Madrid: AENOR.
11. Código Técnico de la Edificación (2019). Documento Básico: Seguridad estructural. Madrid: Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
12. Código Técnico de la Edificación (2019). Documento Básico: Seguridad



- estructural en caso de incendio. Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
13. Código Técnico de la Edificación (2009). Documento Básico: Seguridad estructural: Acciones en la edificación. Madrid: Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
 14. Código Técnico de la Edificación (2019). Documento Básico: Seguridad estructural: Madera. Madrid: Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
 15. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2018). UNIT 1261:2018 – Madera aserrada de uso estructural: Clasificación visual: Madera de pino taeda y pino ellioti (*Pinus taeda* y *Pinus elliotii*). Montevideo: UNIT.
 16. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2018). UNIT 1262:2018 – Madera aserrada de uso estructural: Clasificación visual: Madera de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Montevideo: UNIT.

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos previos exigidos: cálculo diferencial e integral en una y varias variables; geometría y álgebra lineal; mecánica de la partícula y del cuerpo rígido; mecánica del cuerpo deformable; teoría de barras y análisis seccional; análisis de estructuras planas y tridimensionales mediante métodos analíticos y numéricos; estabilidad estructural; técnicas básicas de construcción; seguridad estructural y métodos de diseño.

7.2 Conocimientos previos recomendados: cálculo estadístico y modelación probabilística; estructura, propiedades, tecnología y ensayo de materiales; herramientas de cálculo y diseño asistido por computadora; métodos computacionales aplicados al cálculo de estructuras; torsión en barras macizas; acciones y combinaciones de acciones; análisis y diseño de estructuras de hormigón armado.



ANEXO A
Para todas las carreras

A1) INSTITUTO

Instituto de Estructuras y Transporte

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

| | |
|-----------|---|
| Semana 1 | Introducción al curso (1 h) Clasificación y anatomía de las plantas leñosas (2 h) |
| Semana 2 | Propiedades físicas de la madera (1.5 h) Propiedades mecánicas de la madera (1.5 h) |
| Semana 3 | Propiedades mecánicas de la madera (0.5 h) Madera aserrada (2.5 h) |
| Semana 4 | Madera aserrada (0.5 h) Madera laminada encolada (2.5 h) |
| Semana 5 | Madera laminada encolada (0.5 h) Tipos de estructuras (2 h) Durabilidad y protección (0.5 h) |
| Semana 6 | Durabilidad y protección (3 h) |
| Semana 7 | Durabilidad y protección (1.5 h) Proceso y bases de diseño (1.5 h) |
| Semana 8 | ELU en situación persistente y transitoria (3 h) |
| Semana 9 | ELU en situación persistente y transitoria (3 h) |
| Semana 10 | ELU en situación persistente y transitoria (1.5 h) Sistemas de arriostamiento (1.5 h) |
| Semana 11 | Sistemas de arriostamiento (1 h) ELU en situación persistente y transitoria (1.5 h) ELU en situación accidental de incendio (0.5 h) |
| Semana 12 | ELU en situación accidental de incendio (2 h) ELS de deflexiones (1 h) |
| Semana 13 | ELS de deflexiones (1 h) ELS de vibraciones (2 h) |
| Semana 14 | ELS de vibraciones (0.5 h) Tipos de uniones (2 h) Uniones tipo clavija (0.5 h) |
| Semana 15 | Uniones tipo clavija (2 h) Conclusión del curso (1 h) |



A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El desempeño del estudiante se evalúa mediante un trabajo práctico grupal y obligatorio, enfocado en el diseño y proyecto de una estructura de madera simplificada. Al comienzo del curso, se determinan las fechas para la entrega de los documentos exigidos, que incluyen una memoria descriptiva, pliego de condiciones, memoria de cálculo y planos.

Para aprobar el curso, los estudiantes deben entregar el trabajo en las fechas establecidas y alcanzar al menos el 60 % de la calificación. Los grupos que entreguen su trabajo a tiempo y obtengan entre el 25 % y menos del 60 %, tendrán la oportunidad de realizar una reentrega. En esta reentrega, que se realizará previa al período de exámenes inmediato, se mantendrá el criterio de aprobación del 60 %, y no se permitirán sucesivas reentregas.

El examen final es obligatorio y se realiza en formato escrito. Este incluye una serie de preguntas teóricas y dos ejercicios prácticos. Las preguntas teóricas deben responderse sin material de consulta, mientras que los ejercicios prácticos pueden resolverse con ayuda de material y calculadora o máquina. Para aprobar el examen, se requiere alcanzar el 60 % de la calificación. El examen también puede incluir requerimientos mínimos por parte o pregunta, los que estarán claramente detallados en las instrucciones del mismo.

A4) CALIDAD DE LIBRE

La unidad curricular no habilita acceder a la Calidad de Libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

No corresponde.