

Asignatura: **Estructuras Isostáticas**

Código: 10-04069

RTF

6

Semestre: 3ro

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

Departamento: Estructuras

Correlativas:

- Física I

Contenido Sintético:

1. Conceptos y principios fundamentales de las Estructuras Isostáticas.
2. Sistemas de fuerzas concurrentes.
3. Sistemas de fuerzas paralelas.
4. Sistemas generales de fuerzas.
5. Equilibrio de estructuras.
6. Esfuerzos internos en estructuras isostáticas.

Competencias Genéricas:

- CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.
- CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: 850-HCD-2023

RES: Fecha:2/11/2023

#### Competencias Específicas para la carrera de Ing. Aeroespacial

- **CE1B:** Calcular, diseñar, proyectar y construir estructuras y componentes estructurales alas, fuselajes, costillas, cuadernas, largueros, tanque, estructuras auxiliares, plataformas para la operación excepto sus fundaciones, de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE1E:** Calcular, diseñar, proyectar y construir plantas propulsoras principales y auxiliares, motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE1F:** Calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE1G:** Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE3A:** Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

#### Competencias Específicas para la carrera de Ing. Mecánica:

- **CE1.15:** Determinar las condiciones de equilibrio de cuerpos rígidos y de estructuras formadas por vinculación de cuerpos rígidos (sistemas hipostáticos, isostáticos, hiperestáticos o impropriamente apoyados), en el plano y en el espacio.
- **CE1.16:** Determinar los esfuerzos internos en estructuras isostáticas incluyendo reticulados planos, vigas de alma llena, pórticos planos y pórticos tridimensionales.

#### Competencias Específicas para la carrera de Ing. Electromecánica:

- **CE1.1.18:** Determinar las condiciones de equilibrio de cuerpos rígidos y de estructuras formadas por vinculación de cuerpos rígidos (sistemas hipostáticos, isostáticos, hiperestáticos o impropriamente apoyados), en el plano y en el espacio.
- **CE1.1.19:** Determinar los esfuerzos internos en estructuras isostáticas incluyendo reticulados planos, vigas de alma llena, pórticos planos y pórticos tridimensionales.

## Presentación

La materia Estructuras Isostáticas pertenece al tercer cuatrimestre de las carreras de Ing. Aeroespacial, Ing. Mecánica e Ing. Electromecánica. Se trata de la primera materia específica de las asociadas al análisis y diseño de estructuras. En esta materia se sientan las bases de la estática de estructuras, tratándolas como sistemas de cuerpos rígidos vinculados entre sí, y en condición de equilibrio estático. Para ello se estudian primero las condiciones de equilibrio de sistemas de cuerpos rígidos vinculados y sometidos a diferentes tipos de sistemas de cargas y, en segundo lugar, se analizan los esfuerzos internos que soportan. A partir de los conceptos presentados se desarrollan, en materias subsiguientes, los conceptos de tensión y deformación específica en sistemas de vigas, y en otras estructuras bajo estados de tensión plana, continuando con el análisis estático de estructuras de vigas hiperestáticas y sus vibraciones, hasta finalizar con teorías específicas para determinar tensiones, deformaciones y condiciones de falla aplicadas a casos de interés particular según la carrera.

El análisis de las condiciones de equilibrio de estructuras isostáticas resulta fundamental en el análisis de mecanismos ya que, a pesar de ser sistemas hipostáticos, deben ser analizados como sistemas en equilibrio estático bajo las cargas que corresponden a las diferentes condiciones de funcionamiento. Esto está íntimamente ligado a la determinación de reacciones de apoyo, que se refiere a la manera en que una estructura interactúa con el entorno (ya sea con las fundaciones o con otras estructuras a las que se encuentra vinculada). La determinación de los esfuerzos internos en estructuras de vigas es la base para la determinación de los diferentes criterios de falla, ya sea que estos se calculan directamente a partir de los esfuerzos característicos o en base a tensiones y/o deformaciones específicas. En esta materia la aplicación se realiza a estructuras isostáticas, pero la metodología es totalmente general y aplicable a sistemas hiperestáticos.

La Mecánica es una parte de la Física y, contenida en la primera, la Estática es la rama que analiza los cuerpos en reposo, es decir, estudia el equilibrio de fuerzas en los sistemas físicos en un estado en el que las posiciones relativas de los subsistemas no varían con el tiempo.

## Contenidos

**Conceptos y principios fundamentales de las Estructuras Isostáticas:** Introducción. Idealización de fuerzas puntuales. Principios y Leyes Fundamentales: Principio del Paralelogramo, Principio de Transmisibilidad de las fuerzas, las Leyes de Newton. Representación vectorial de fuerzas.

**Sistemas de fuerzas concurrentes:** Definición. Suma de dos fuerzas y suma de varias fuerzas concurrentes coplanares. Descomposición de una fuerza en el plano. Fuerza definida en términos de su magnitud y dos puntos sobre su línea de acción. Concepto de partícula. Equilibrio de una partícula en el plano. Extensión a problemas tridimensionales.

**Cuerpos rígidos – Sistemas equivalentes de fuerzas:** Fuerzas externas e internas. Momento de una fuerza con respecto a un punto. Teorema de Varignon. Momento de una fuerza con respecto a un eje. Momento de un par. Reducción de un sistema de fuerzas a una fuerza y un par. Otras reducciones de un sistema de fuerzas.

**Equilibrio de cuerpos rígidos:** Diagrama de cuerpo libre. Equilibrio de sólidos rígidos en dos dimensiones: reacciones en los puntos de apoyo y conexiones de una estructura bidimensional. Equilibrio de un cuerpo sujeto a dos y tres fuerzas. Equilibrio de un cuerpo rígido en tres dimensiones. Reacciones en puntos de apoyo y conexiones para una estructura tridimensional.

**Fuerzas distribuidas – Centroides y Centros de Gravedad:** Áreas y Líneas: centro de gravedad de un cuerpo bidimensional; centroides de áreas y líneas; placas y alambres compuestos; determinación de centroides por integración; teoremas de Pappus-Guldinus; cargas distribuidas en vigas. Volúmenes: centro de gravedad de un cuerpo tridimensional; centroide de un volumen; cuerpos compuestos.

**Reticulados Planos:** Definición. Hipótesis de cálculo. Condiciones de rigidez e isostaticidad: reticulados simples. Método de los nudos. Nudos bajo condiciones especiales de carga. Método de las secciones (Ritter). Reticulados compuestos.

**Cables:** Definición. Cables sometidos a fuerzas concentradas: resolución analítica. Cables con cargas repartidas: caso parabólico y catenaria.

**Estructuras de Alma Llena:** Definición y clasificación de las estructuras. Definición y determinación de los esfuerzos internos: momento flector, esfuerzo de corte, esfuerzo normal y momento torsor. Relaciones entre la carga transversal, el esfuerzo de corte y el momento flector. Trazado de diagramas en vigas y pórticos.

**Fricción:** Leyes de fricción seca. Coeficientes de fricción. Ángulos de fricción. Cuñas.

## Metodología de enseñanza

El desarrollo general de la materia se sustenta en clases teórico-prácticas. Se utiliza la estrategia de “aula invertida”, la cual requiere que los estudiantes vean el tema de la clase presencial previo a la misma, ya sea utilizando el material impreso o clases pregrabadas. En las clases presenciales las estrategias de enseñanza seleccionadas para llevar adelante la propuesta son: exposición dialogada y resolución de problemas. Cada unidad se desarrolla a partir de un material bibliográfico obligatorio. El hecho de que los estudiantes realizan una primera lectura del material bibliográfico antes de la clase, permite un avance más fluido y una discusión de las hipótesis presentadas y los conceptos desarrollados. Adicionalmente, dentro del material bibliográfico, los alumnos disponen de ejercicios resueltos con complejidad creciente en cada tema, lo que les permite afianzar los contenidos teóricos-prácticos desarrollados. Los alumnos deben resolver trabajos prácticos, los cuales favorecen el proceso de capacitación, de auto evaluación y acreditación de cada unidad. Los trabajos prácticos se orientan a: a) resolver ejemplos estándar que refuercen aspectos básicos; b) resolver ejemplos que requieran utilizar conceptos de mayor abstracción e impliquen la aplicación de los conceptos e ideas desarrolladas; y c) responder preguntas conceptuales que afianzan los conceptos fundamentales utilizados en la materia.

## Evaluación

La evaluación se realiza sobre la base de un conjunto de instrumentos, a saber: Trabajos Prácticos (TTPP), Controles Teóricos (CCTT), Evaluaciones Parciales y Evaluación Teórica Integradora. Los TTPP y los CCTT son cuestionarios facilitados a través del aula virtual (plataforma Moodle) para los que cada alumno tiene habilitado más de un intento. El objetivo fundamental de estas dos actividades es incentivar a los alumnos a realizar un estudio permanente y continuo de la materia, y que, al mismo tiempo, sirvan como instancias de aprendizaje y autoevaluación.

La cursada se divide en dos etapas; a cada una de estas etapas corresponde, aproximadamente, la mitad del tiempo de dictado y la mitad de los contenidos cubiertos. Las competencias se desarrollan por igual a lo largo de todo el cuatrimestre. Las actividades de seguimiento y evaluación son las siguientes:

- **Trabajos Prácticos (TTPP):** Hay un número variable de actividades prácticas obligatorias para cada etapa de la cursada (8 en total); estas actividades son evaluadas y calificadas; a cada TP se le asigna un peso (dependiendo de su importancia relativa); estos pesos se utilizan para calcular un promedio ponderado que representa la nota correspondiente a cada alumno en cada etapa. Existen, además, TTPP no obligatorios.
- **Controles Teóricos (CCTT):** son análogos a los TTPP obligatorios, y se utiliza el mismo sistema de calificación y ponderación para determinar las notas.
- **Evaluaciones Parciales:** A cada etapa del cursado corresponde una evaluación escrita con preguntas teóricas y ejercicios prácticos cubriendo los temas respectivos.
- **Evaluación Teórica Integradora:** Evaluación oral (coloquio) en la que el profesor designa dos o más temas a cada alumno, quién debe demostrar un dominio suficiente de los conceptos y desarrollos correspondientes, para lo que se servirá del uso de lápiz y papel o de una pizarra (para esquemas y fórmulas).

Los CCTT permiten evaluar fundamentalmente cuestiones conceptuales, más que nada asociadas a definiciones, e hipótesis y limitaciones de determinadas teorías; esas evaluaciones son, en general, de tipo respuesta múltiple. En la Evaluación Teórica Integradora se abordan estos temas y se evalúa, además, la capacidad del alumno para relacionar los temas teóricos con situaciones prácticas simplificadas que permitan resaltar algún aspecto conceptual de interés.

Tanto los TTPP como las evaluaciones parciales enfrentan al estudiante a situaciones problemáticas que permiten la evaluación de competencias y resultados de aprendizaje relacionados con saberes conceptuales (saber conocer) y procedimentales (saber hacer), incluyendo la selección y aplicación correcta de diferentes idealizaciones para modelar estructuras "reales" y sus vínculos.

Las competencias relacionadas a la expresión oral y escrita, y a la argumentación se evalúan a través de las evaluaciones parciales, la Evaluación Teórica Integradora (en la que se utiliza el instrumento de evaluación rúbrica) y las interacciones entre estudiante y docente durante las clases y los horarios de consulta (esto último en menor medida debido a la cantidad de alumnos).

## Condiciones de aprobación

Requisitos para aprobar la materia por promoción:

- 80% de asistencia a las clases teórico/prácticas;
- Promedio mínimo de 80% en cada mitad del curso de los TTPP y CCTT;
- 2 evaluaciones parciales aprobadas con el 80% (una sola recuperación posible); y
- Evaluación Teórica Integradora aprobada (una recuperación posible).

$$\text{CALIFICACIÓN} = 0,4 \times \text{PP} + 0,1 \times \text{AAS} + 0,5 \times \text{ETI}$$

donde:

- PP: promedio de las notas de las evaluaciones parciales;
- AAS: promedio de las notas de las actividades de seguimiento (TTPP y CCTT); y
- ETI: nota de la Evaluación Teórica Integradora

Requisitos para alcanzar la regularidad:

- 60% de asistencia a las clases teórico/prácticas;
- Promedio mínimo de 60% en cada mitad del curso de los TTPP y CCTT; y
- 1 Evaluación parcial aprobada con el 60% (una sola recuperación posible).

## Actividades prácticas y de laboratorio

No hay actividades laboratorio

Las actividades prácticas se realizan en forma individual.

- TP N° 1: Sistemas de fuerzas concurrentes
- TP N° 2: Sistemas de fuerzas paralelas
- TP N° 3: Sistemas generales de fuerzas
- TP N° 4: Reticulados
- TP N° 5: Cables
- TP N° 6: Vigas de alma llena
- TP N° 7: Pórticos bi- y tridimensionales
- TP N° 8: Fricción

# Competencias y resultados de aprendizaje

## Competencias tecnológicas

### **CG1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.**

Resultados de Aprendizaje:

- Domina los principios fundamentales de la estática.
- Compone y descompone fuerzas en el plano y en el espacio.
- Determina el momento de una fuerza con respecto a un punto y con respecto a un eje en forma apropiada.
- Reduce un sistema de fuerzas a un sistema fuerza-par.
- Utiliza diagramas de cuerpo libre en forma efectiva para plantear el equilibrio de cuerpos rígidos.
- Plantea apropiadamente el equilibrio en problemas de estática de cuerpos rígidos.
- Calcula reacciones de apoyos en forma apropiada para las distintas tipologías estructurales analizadas.
- Determina diagramas de esfuerzos internos en forma apropiada para las distintas tipologías estructurales analizadas.
- Analiza los resultados obtenidos en función de los conceptos fundamentales que deben cumplirse.

### **CG4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.**

Resultados de Aprendizaje:

- Domina los principios fundamentales de la estática.
- Conoce los modelos físico-matemáticos de tipologías estructurales estudiadas.
- Selecciona correctamente las distintas tipologías estructurales para el análisis de problemas específicos.
- Utiliza en forma apropiada el Método de los Nudos para la resolución de problemas de reticulados.
- Utiliza en forma apropiada el Método de Ritter para la resolución de problemas de reticulados.
- Utiliza en forma efectiva los diagramas de cuerpo libre para el trazado de esfuerzos internos en las distintas tipologías estructurales analizadas.
- Determina diagramas de esfuerzos internos en forma apropiada para las distintas tipologías estructurales analizadas.
- Analiza los resultados obtenidos en función de los conceptos fundamentales que deben cumplirse.

## Competencias sociales, políticas y actitudinales

### **CG7. Competencia para comunicarse con efectividad.**

Resultados de Aprendizaje:

- Realiza apropiadamente los Trabajos Prácticos.
- Expresa los resultados de las distintas evaluaciones en un lenguaje técnico pertinente.
- Grafica diagramas de cuerpo libre y diagrama de esfuerzos internos en forma correcta.

- Explica apropiadamente los conceptos teóricos abordados en la materia.
- Resume apropiadamente las principales conclusiones de cada Trabajo Práctico.
- Utiliza gráficos, desarrollos matemáticos y aspectos conceptuales en forma efectiva para la explicación de los distintos conceptos desarrollados en la asignatura.
- Desarrolla respuestas precisas y concisas a los cuestionamientos teóricos solicitados.
- Documenta en forma pertinente las determinaciones realizadas en las distintas resoluciones abordadas en la asignatura.

## Competencias Específicas

### Competencias Específicas para la carrera de Ing. Aeroespacial:

- CE1B: Calcular, diseñar, proyectar y construir estructuras y componentes estructurales alas, fuselajes, costillas, cuadernas, largueros, tanque, estructuras auxiliares, plataformas para la operación excepto sus fundaciones, de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- CE1E: Calcular, diseñar, proyectar y construir plantas propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- CE1F: Calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- CE1G: Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- CE3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

### Competencias Específicas para la carrera de Ing. Mecánica:

- CE1.15: Determinar las condiciones de equilibrio de cuerpos rígidos y de estructuras formadas por vinculación de cuerpos rígidos (sistemas hipostáticos, isostáticos, hiperestáticos o impropriamente apoyados), en el plano y en el espacio.
- CE1.16: Determinar los esfuerzos internos en estructuras isostáticas incluyendo reticulados planos, vigas de alma llena, pórticos planos y pórticos tridimensionales.

### Competencias Específicas para la carrera de Ing. Electromecánica:

- CE1.1.18: Determinar las condiciones de equilibrio de cuerpos rígidos y de estructuras formadas por vinculación de cuerpos rígidos (sistemas hipostáticos, isostáticos, hiperestáticos o impropriamente apoyados), en el plano y en el espacio.
- CE1.1.19: Determinar los esfuerzos internos en estructuras isostáticas incluyendo reticulados planos, vigas de alma llena, pórticos planos y pórticos tridimensionales.

## Resultados de Aprendizaje para las Competencias Específicas

- Domina los principios fundamentales de la estática.
- Conoce los modelos físico-matemáticos de tipologías estructurales estudiadas.
- Selecciona correctamente las distintas tipologías estructurales para el análisis de problemas específicos.
- Utiliza en forma apropiada el Método de los Nudos para la resolución de problemas de reticulados.
- Utiliza en forma apropiada el Método de Ritter para la resolución de problemas de reticulados.
- Utiliza en forma efectiva los diagramas de cuerpo libre para el trazado de esfuerzos internos en las distintas tipologías estructurales analizadas.
- Determina diagramas de esfuerzos internos en forma apropiada para las distintas tipologías estructurales analizadas.
- Calcula estructuras de cables bajo diferentes tipos de cargas en forma apropiada.
- Analiza los resultados obtenidos en función de los conceptos fundamentales que deben cumplirse.

## Bibliografía

- F. P. BEER, E. R. JOHNSTON JR., D. F. MAZUREK y E. R. EISENBERG, "Mecánica Vectorial para Ingenieros - Estática" 9na Ed. (español), McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., Méjico, 2010.
- R. C. HIBBELER, "Ingeniería mecánica. Estática", 14ta Ed. (español), Pearson Educación, Méjico, 2016.