

# CI42A: ANALISIS ESTRUCTURAL

Prof.: Ricardo Herrera M.



## Programa CI42A

NÚMERO	NOMBRE DE LA UNIDAD	OBJETIVOS
2	Indeterminación estática	Reconocer cuán hiperestática es una estructura.
DURACIÓN		
2 semanas		
CONTENIDOS		BIBLIOGRAFÍA
2.1.	Características de las estructuras hiperestáticas.	[Belluzi, Cáp. 20]
2.2.	Métodos de análisis: flexibilidad y rigidez.	[Hidalgo, Cáp 5]
2.3.	Grado de Indeterminación Estática	[Laible, Cáp. 2]
2.4.	Estabilidad	[Rosenberg, Cáp 3]



## Capítulo 2: Indeterminación Estática

### 2.1. Características de las estructuras hiperestáticas

## Indeterminación Estática

- **Sistemas isostáticos:**  
Se puede conocer los esfuerzos internos y reacciones solo considerando ecuaciones de equilibrio
- **Sistemas hiperestáticos:**  
Para conocer esfuerzos internos y reacciones es necesario usar además de ecuaciones de equilibrio, relaciones constitutivas (características del material) y ecuaciones de compatibilidad

## ¿Por qué usar estructuras hiperestáticas?

- Desplazamientos menores que en sistemas isostáticos.
- Mayor reserva de capacidad antes del colapso.
- Material es mejor aprovechado.
- Limitaciones constructivas:
  - Estructuras monolíticas (hormigón)
  - Rótulas, apoyos deslizantes, etc. difíciles de materializar
- Mayor control de trayectoria de esfuerzos

## “Desventajas” de estructuras hiperestáticas

- Requieren ecuaciones adicionales para ser analizadas => proceso de análisis y diseño más largo (M, N, V dependen de las propiedades del elemento).
- Esfuerzos internos dependen de las reacciones o esfuerzos internos redundantes.
- Desplazamientos de apoyo, defectos de fabricación y cambios de temperatura generan esfuerzos internos en la estructura

## Estructuras hiperestáticas

- Para resolver estructuras hiperestáticas se requiere:
  - Ecuaciones de equilibrio
  - Relaciones constitutivas
  - Ecuaciones de compatibilidad geométrica

## Capítulo 2: Indeterminación Estática

### 2.2. Métodos de solución

## Métodos de solución

- Exactos:
  - Método de flexibilidad o de las fuerzas
  - Método de rigidez o de los desplazamientos
- Iterativos:
  - Método de Cross
- Aproximados:
  - Método del portal
  - Método del voladizo
  - Otros

## Capítulo 2: Indeterminación Estática

### 2.3. Grado de Indeterminación

## Grado de Indeterminación Estática (GIE)

- Define que tan hiperestática es una estructura (cuantas ecuaciones de compatibilidad se necesitan). En otras palabras, cuantas restricciones es preciso levantar para obtener una estructura isostática.

Estructura isostática  $\Rightarrow$  GIE = 0

Estructura hiperestática  $\Rightarrow$  GIE > 0

## Grado de Indeterminación Estática (GIE)

- GIE interno: asociado a las uniones entre los elementos que conforman la estructura (vínculos internos)
- GIE externo: asociado a las reacciones ejercidas por los apoyos (restricciones externas)

## Grado de Indeterminación Estática (GIE)

- Enrejados planos:

$$\text{GIE} = N + R - 2 \cdot n$$

donde

- $N = N^{\circ}$  de barras
- $R = N^{\circ}$  de reacciones
- $n = N^{\circ}$  de nudos

## Grado de Indeterminación Estática (GIE)

- Estructuras planas generales:

$$\text{GIE} = R + b + 2 \cdot c + 3 \cdot s - 3 \cdot N$$

donde

- $R = N^{\circ}$  de reacciones
- $b = N^{\circ}$  de bielas
- $c = N^{\circ}$  de rótulas
- $s = N^{\circ}$  de soldaduras
- $N = N^{\circ}$  de barras

## GIC

- Grado de Indeterminación Cinemática.  
Define cuantos desplazamientos (giros) es preciso conocer para poder determinar los esfuerzos en la estructura.

## Capítulo 2: Indeterminación Estática

### 2.4. Estabilidad

## Tipos de equilibrio

- Equilibrio estable: la estructura está impedida de tener movimientos de cuerpo rígido.
  - Estáticamente determinado (isostático): es posible encontrar esfuerzos internos y reacciones a partir sólo de las ecuaciones de equilibrio y de condición.
  - Estáticamente indeterminado (hiperestático): ecuaciones de equilibrio y condición no bastan para encontrar esfuerzos internos y reacciones. Se requieren ecuaciones de compatibilidad.

## Tipos de equilibrio

- Equilibrio inestable: la estructura completa o parte de ella puede tener movimientos de cuerpo rígido (mecanismo).
  - Estáticamente inestable: no hay suficientes restricciones (apoyos, vínculos) sobre la estructura ( $\leq GIE < 0$ ).
  - Geométricamente inestable:  $GIE \geq 0$  pero las restricciones no son eficaces.

## Estabilidad

- Un triángulo es un sistema estable.
- Para que 2 cuerpos estables formen un sistema estable se requieren mínimo 3 bielas no paralelas, ni concurrentes conectando ambos cuerpos.
- Para que 3 o más cuerpos formen un sistema estable se requieren dos barras concurrentes entre cada cuerpo, siempre que las articulaciones no estén en la misma recta.