

# ESTRUCTURAS I

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO | UDELAR

# **Estructuras**

## **Organización**

### **Unidades curriculares Obligatorias:**

**Estructuras I**  
**Estructuras II**

### **Unidades curriculares Optativas:**

**Taller de estructuras experimentales**  
**Laboratorio de morfologías estructurales**  
**Profundización en el análisis estructural**  
**Proyecto avanzado de estructuras**

# **Estructuras I: Objetivos**

**Reconocer el rol de la estructura en la configuración espacial de la arquitectura.**

**Identificar las condiciones del equilibrio estable.  
Conocer las leyes del álgebra vectorial.**

**Reconocer las unidades funcionales que componen las estructuras arquitectónicas, e interpretar sus interrelaciones.  
Manejar modelos inherentes al diseño y cálculo de estructuras.**

**Determinar equilibrios en estructuras de barras esquematizables en el plano (estructuras isostáticas e hiperestáticas).**

**Determinar diagramas de sollicitaciones en estructuras de barras (estructuras de bielas y flexadas).**

**Dimensionar barras en materiales homogéneos.**

**Preparar al estudiante para mantener un diálogo fructífero con los especialistas.**

**Promover el autoaprendizaje y estimular el trabajo grupal.**

# DEFINICIONES

## EDIFICIO

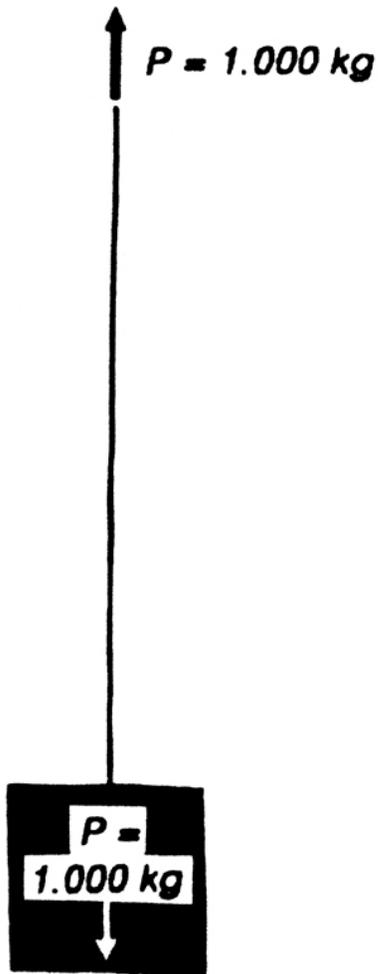
**Cuerpo material, complejo y estable, con una estructura elaborada con productos fabricados in situ o en planta industrial, unidos entre sí en condiciones técnicas y económicas dadas.**

## ESTRUCTURA

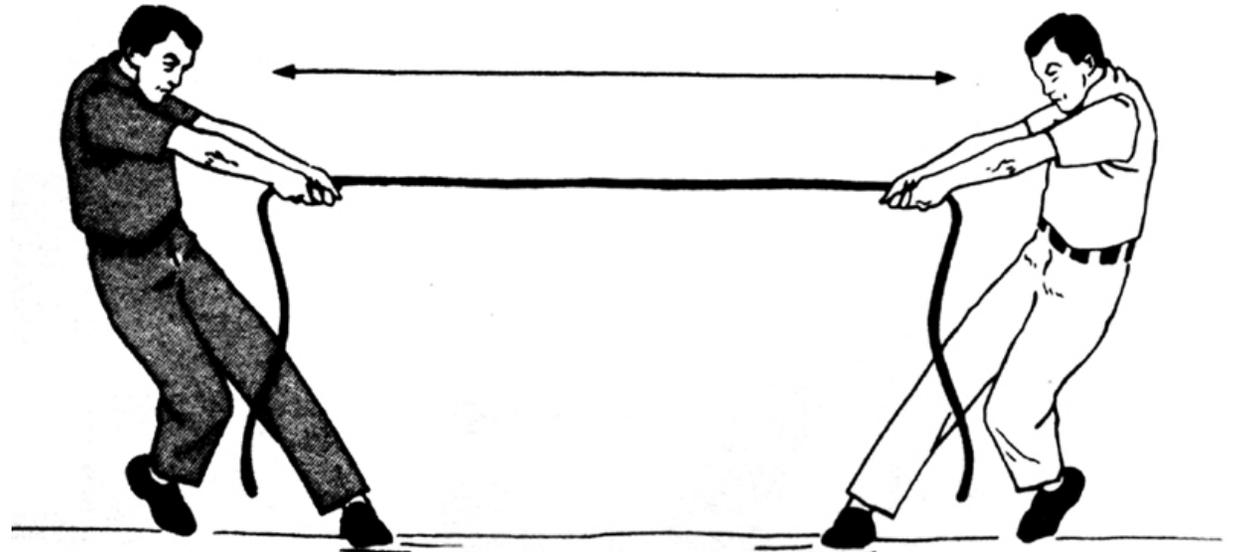
**Organización material que define una configuración espacial y la mantiene durante un período de tiempo. Sustento material necesario para lograr una construcción estable.**

## EQUILIBRIO ESTÁTICO

**Un objeto se encuentra en equilibrio cuando todas sus partes se mantienen a igual distancia de un marco de referencia, es decir, cuando la sumatoria de todas las fuerzas y momentos que sobre él actúan, resulta igual a CERO.**



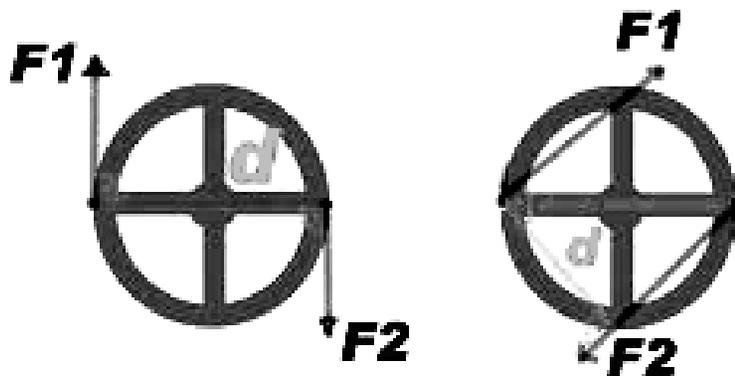
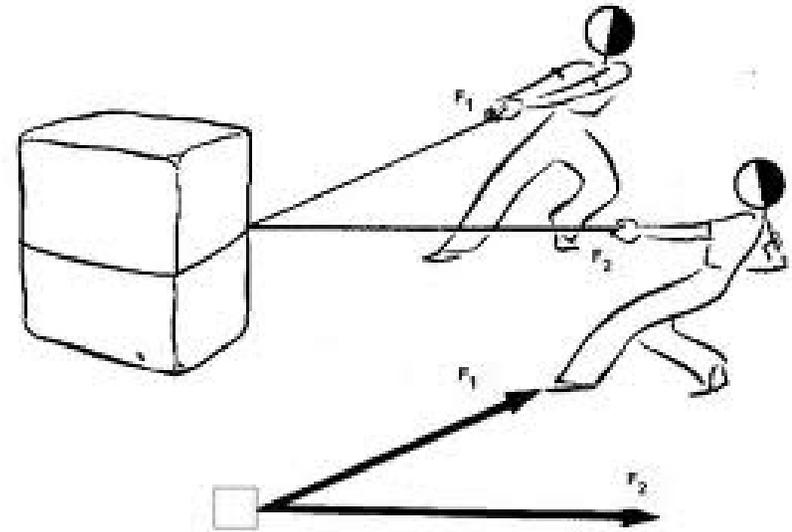
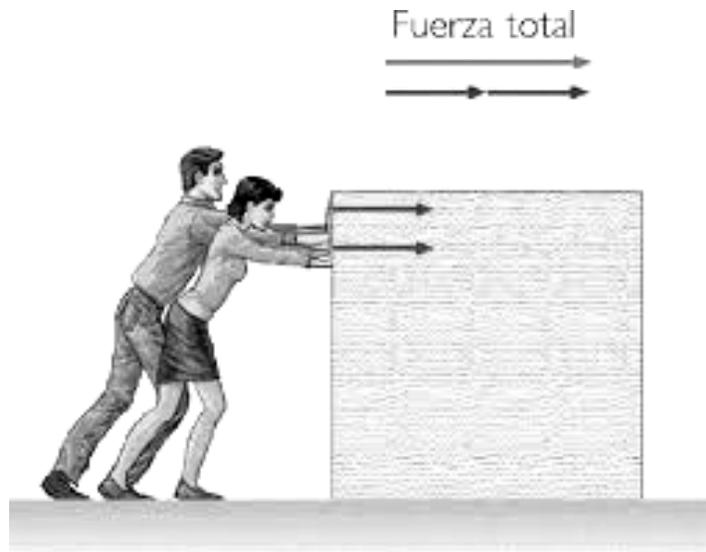
**EQUILIBRIO DE FUERZAS  
VERTICALES**



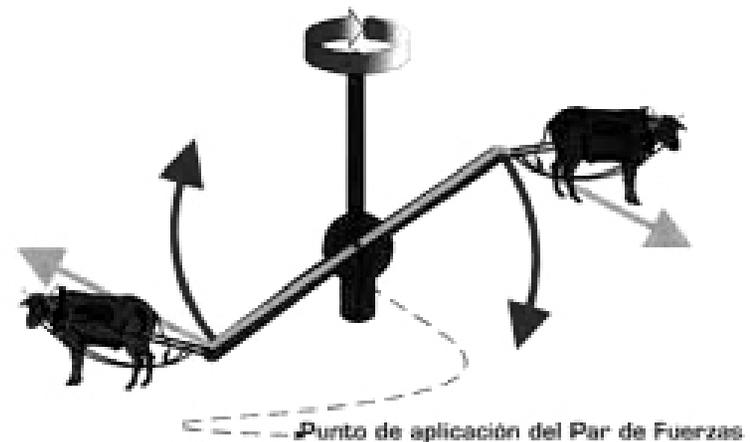
**EQUILIBRIO DE FUERZAS  
HORIZONTALES**

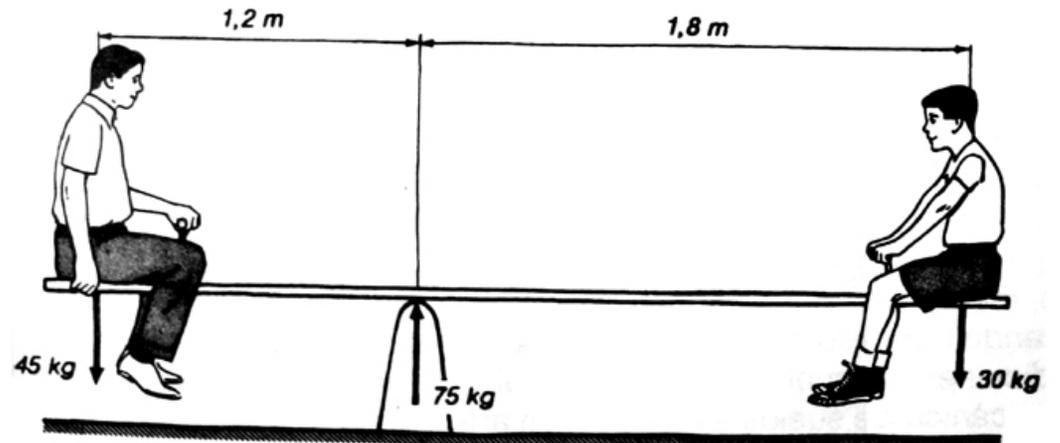
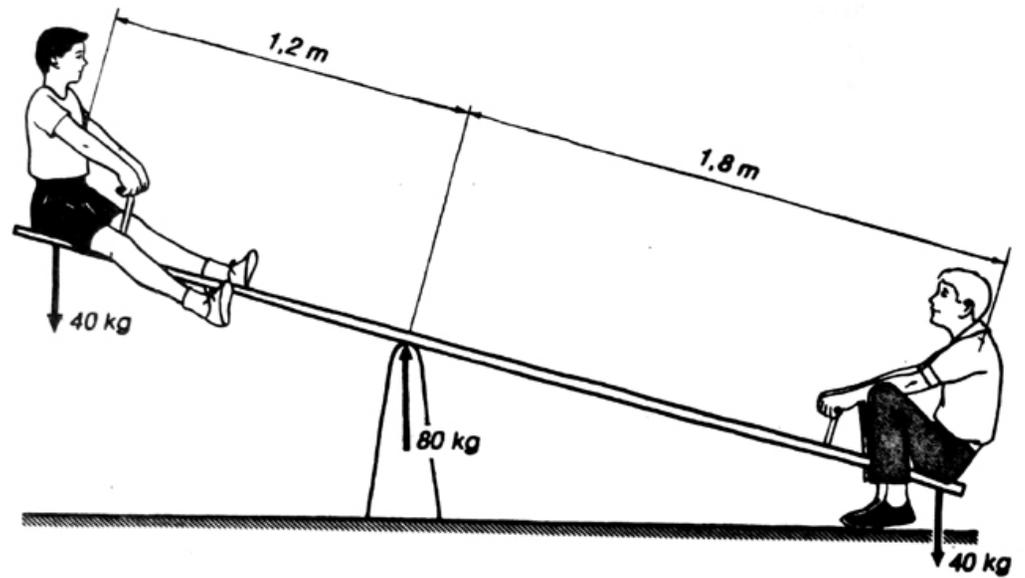
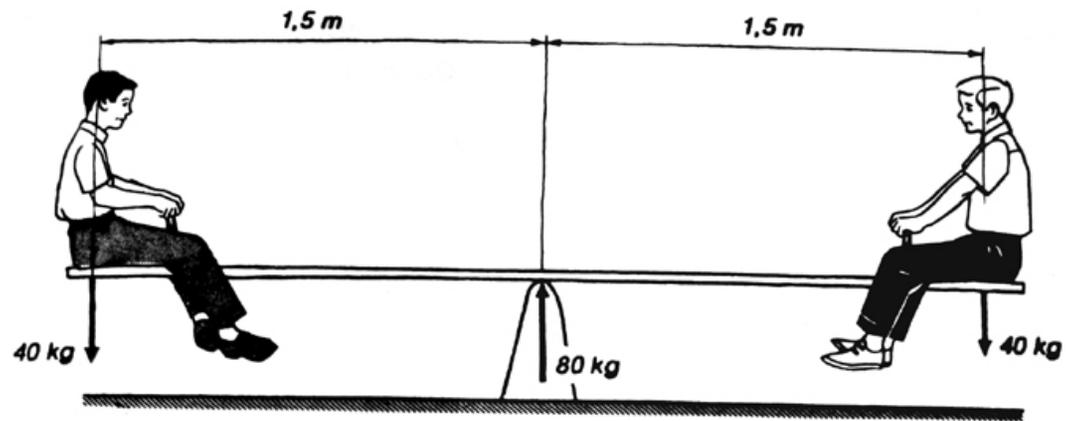
SI LA **SUMATORIA** DE **FUERZAS** SOBRE UN OBJETO RESULTA **DISTINTA** DE **CERO**, EL OBJETO SE **DESPLAZA**.

SI LA **SUMATORIA** DE **MOMENTOS** SOBRE UN OBJETO RESULTA **DISTINTA** DE **CERO**, EL OBJETO **GIRA**.



$$M = F1 \times d = F2 \times d$$





**EQUILIBRIO DE FUERZAS VERTICALES Y DE MOMENTOS**

# EQUILIBRIO ESTABLE

Una estructura se encuentra en **equilibrio estable** cuando se verifican las siguientes condiciones:

**EQUILIBRIO GLOBAL:** todo el sistema se mantiene quieto con respecto a un marco de referencia, **sin desplazamientos ni giros:**

**sin desplazamientos**

$$\Sigma \text{ FUERZAS} = 0$$

**sin giros**

$$\Sigma \text{ MOMENTOS} = 0$$

**EQUILIBRIO DE LA PARTE:** equilibrio de todos los **subsistemas** (partes), vinculados adecuadamente entre sí.

Se deben cumplir las mismas condiciones del equilibrio global, hasta nivel molecular.

**ESTABILIDAD DE LA FORMA:** sometida a un sistema de fuerzas en equilibrio, la estructura inevitablemente se deformará.

Frente a un sistema de cargas determinado debe existir una

**deformación única, previsible y controlada,**

por **motivos** de **integridad física, apariencia y confort.**

# MODELOS

**MODELIZAR** ES **AISLAR LO ESENCIAL** DE UN FENÓMENO EN RELACION AL ASPECTO A ANALIZAR.

UN MODELO ES UNA **SIMPLIFICACIÓN DE LA REALIDAD** EN LA CUAL PONEMOS EN **EVIDENCIA** UNA DETERMINADA **CARACTERÍSTICA** QUE NOS INTERESA **RESALTAR**.

ES UN **SISTEMA SIMPLE** CAPAZ DE DAR CUENTA DE ALGÚN ASPECTO DE UN **SISTEMA COMPLEJO** DE DIFERENTE TAMAÑO Y TAL QUE PUEDAN PONERSE EN CORRESPONDENCIA **BI-UNÍVOCA**.

CADA ASPECTO DE LA REALIDAD QUE INTERESE ESTUDIAR PROPORCIONARÁ UN MODELO PARTICULAR.

HABRÁ TANTOS MODELOS COMO ASPECTOS DE INTERÉS PRESENTE EL OBJETO EN ESTUDIO.

# **MODELOS**

**FUNCIONAMIENTO TEÓRICO**

**GEOMETRÍA**

**VÍNCULOS**

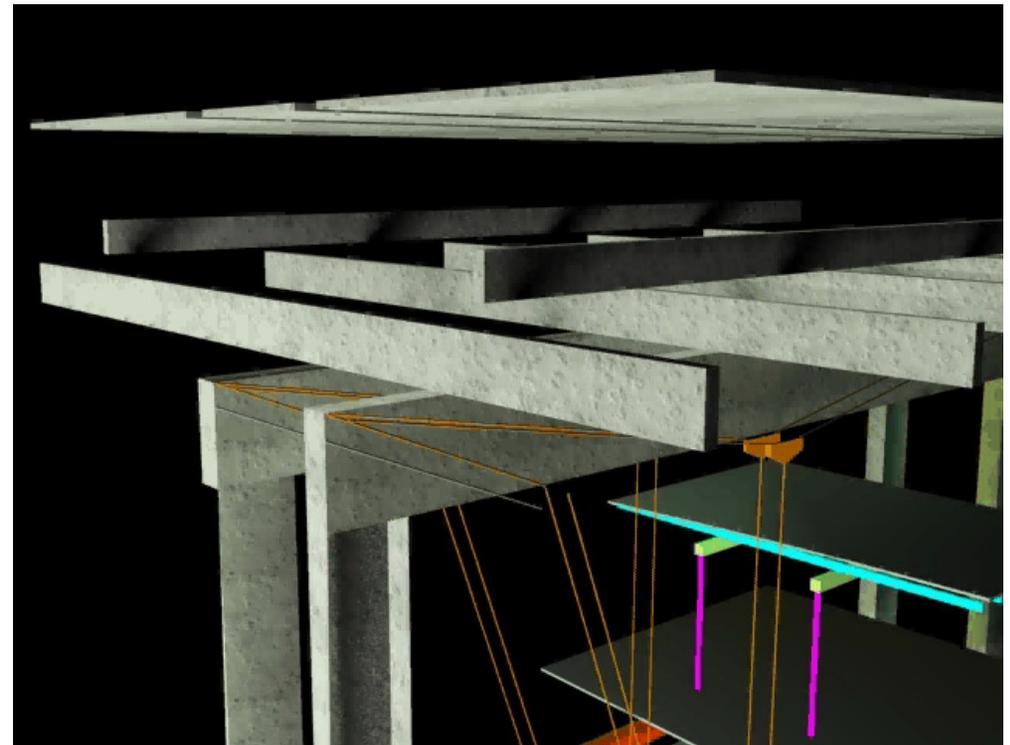
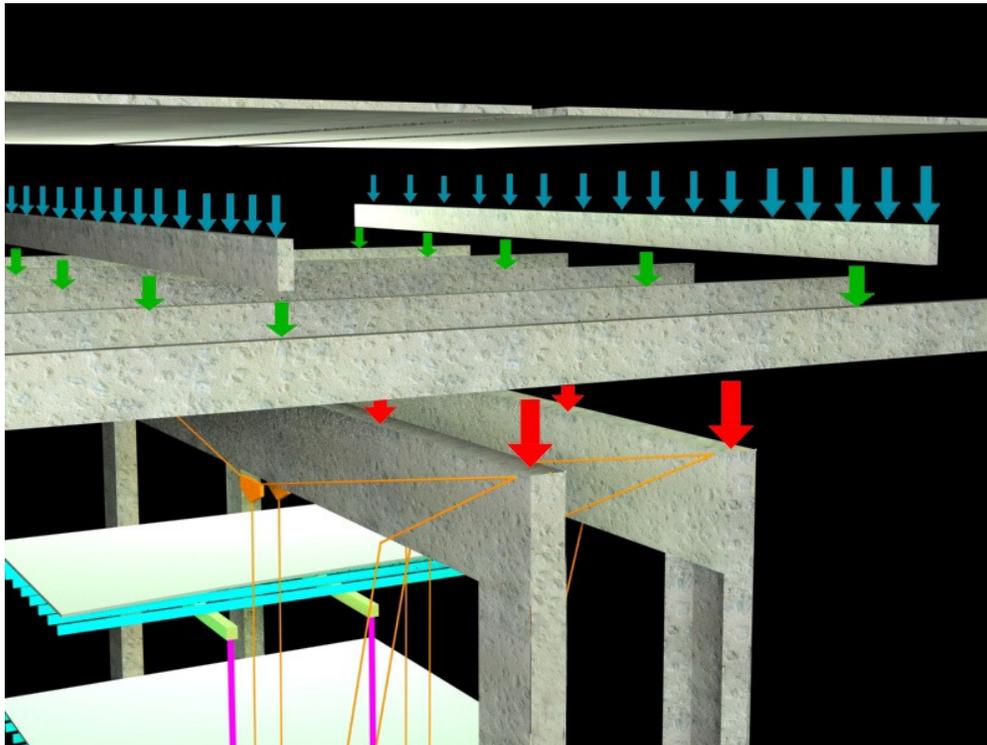
**CARGAS**

**MATERIALES**

**OTROS**

# MODELO DE FUNCIONAMIENTO TEÓRICO

Descomposición del sistema global en unidades más **simples** (unidades funcionales), destacando la **transmisión de acciones** (modelo de acciones) y la **interacción** entre ellas.



# MODELO DE GEOMETRÍA

Reducción de una unidad funcional a su **esencia geométrica**:

- se determinarán las **dimensiones fundamentales** (elementos **lineales**, **superficiales** o **volumétricos**).
- se considera la materia concentrada en su **fibra** o **plano medio**.

# MODELO DE ACCIONES

Una vez realizada la clasificación y cuantificación de las **acciones físicas** (cargas) que actúan sobre una estructura (cargas permanentes, sobrecargas, cargas variables, empujes, etc.), **representamos su efecto** a través de un sistema de entes físico-matemáticos:

un **sistema vectorial** de **fuerzas** y **momentos**

Se pueden dividir en:

- **Fuerzas puntuales**
- **Fuerzas distribuidas** (en el plano o los ejes medios)
- **Momentos**

# MODELO DEL MATERIAL

Se considera en forma **simplificada** la **composición de la materia**, caracterizando sus propiedades y comportamiento.

**Existen dos categorías:**

- materiales **homogéneos** (todas las partículas presentan las mismas propiedades), **continuos** (las partículas llenan completamente el espacio) e **isótropos** (presentan las mismas propiedades en todas las direcciones). **Acero** y **madera** pueden considerarse incluidos en esta categoría.

- materiales **heterogéneos**. Es el caso del **hormigón armado**.

# MODELO DE VÍNCULOS

Representan la forma en que se **unen** o **enlazan** las diferentes partes de la estructura (unidades funcionales) entre sí y con el plano de sustentación.

Los vínculos deben garantizar la **ausencia de algún tipo movimiento** y se agrupan para su estudio según los movimientos que pueden **impedir** en **forma confiable**.

# TIPOS DE VÍNCULOS

## VÍNCULOS SIMPLES:

Pueden **oponerse** al **desplazamiento** según **una única dirección**. No impiden giros.

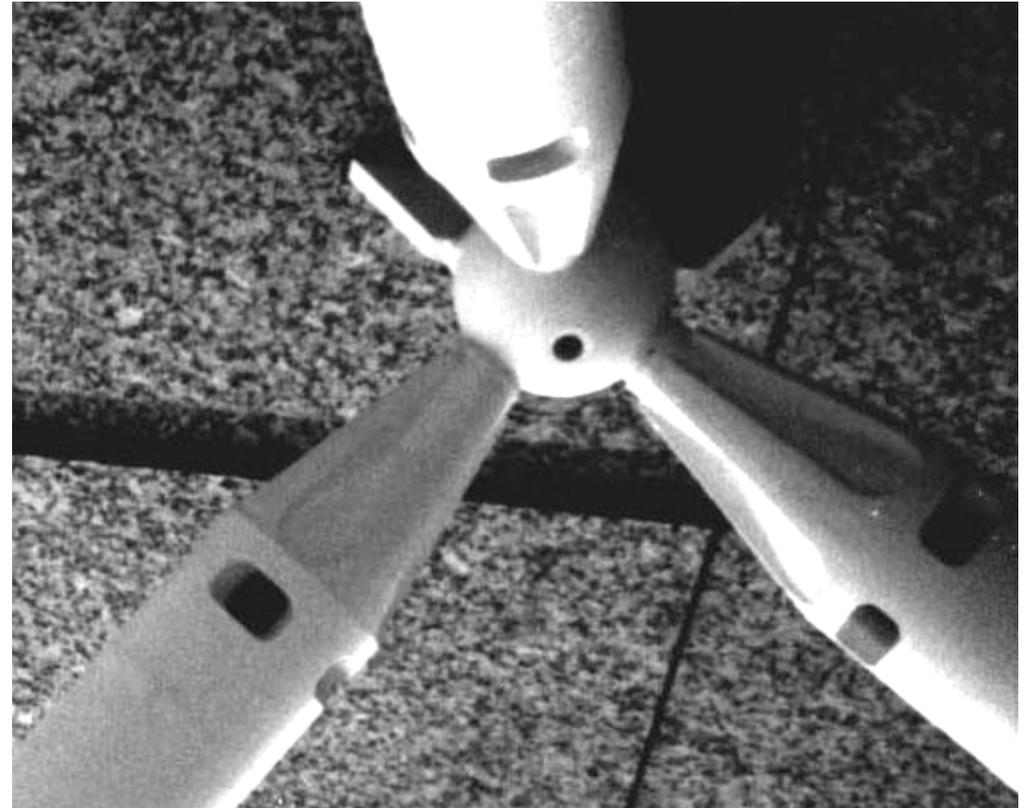
**bielas y tensores - apoyos deslizantes o carritos**



# VÍNCULOS DOBLES:

Impiden **todo tipo** de **desplazamiento**.  
No pueden impedir giros.

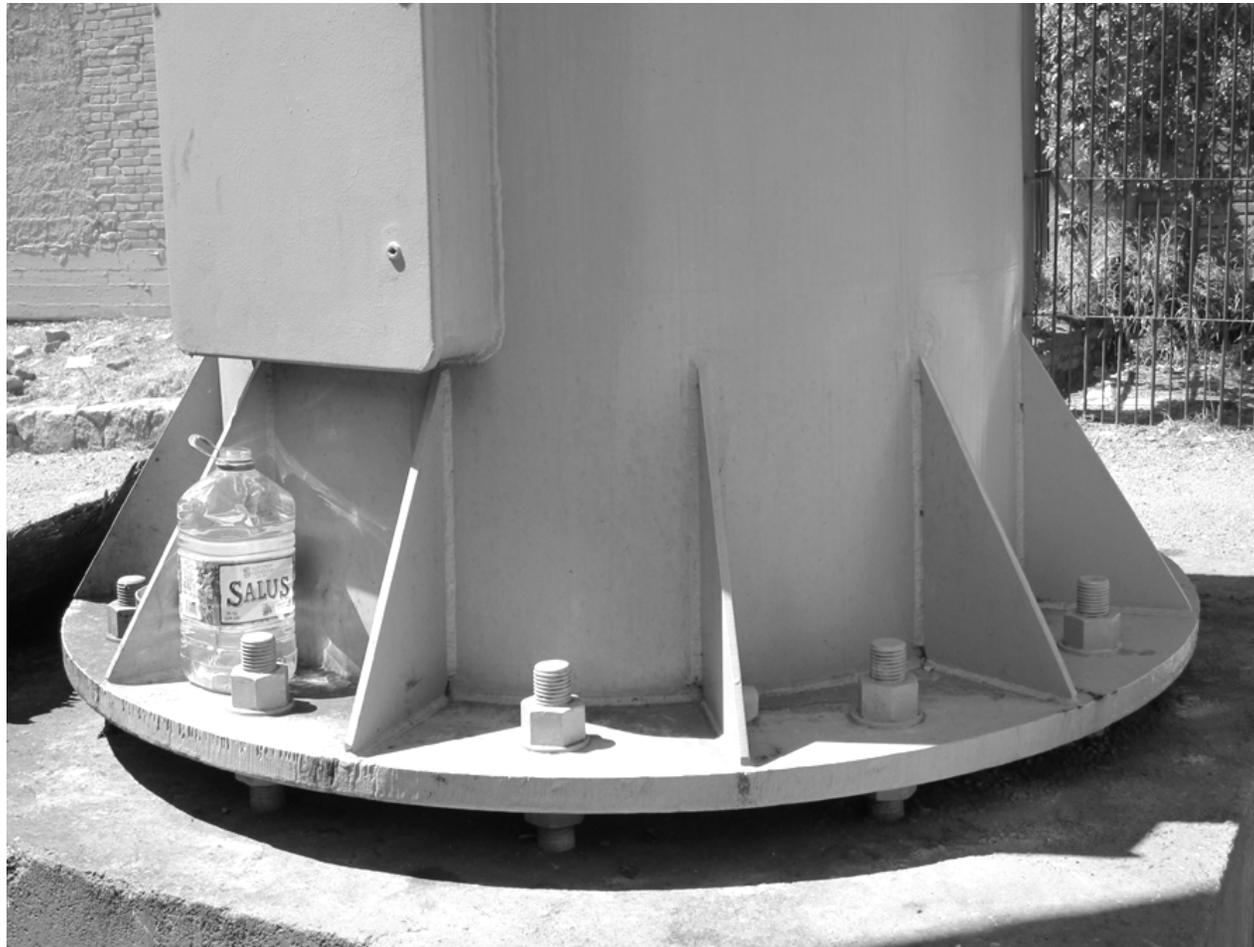
**articulaciones fijas - rótulas**



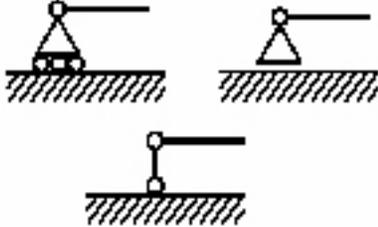
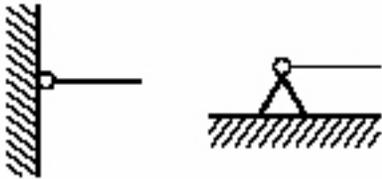
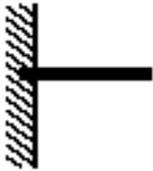
# VÍNCULOS TRIPLES:

Impiden **todo desplazamiento** y también **todo giro**. Pueden llegar a proporcionar equilibrio estable actuando solos.

## empotramientos



# VÍNCULOS EN EL PLANO

VINCULO	DESPLAZAMIENTO			ESQUEMA
	PERMITIDO	IMPEDIDO	ESFUERZO	
<b>SIMPLE</b> Apoyo Deslizante o Biela	$\theta, x$ giro y paralelo al plano de deslizam. o normal al eje de la Biela	$y$ normal al plano de deslizam. o paralelo al eje de la Biela	$F_Y$	
<b>DOBLE</b> Articulación fija	$\theta$ giro	$x, y$ toda traslación	$F_X, F_Y$	
<b>TRIPLE</b> Empotramiento	nada	$\theta, x, y$ todo	$F_X, F_Y$ $M$	

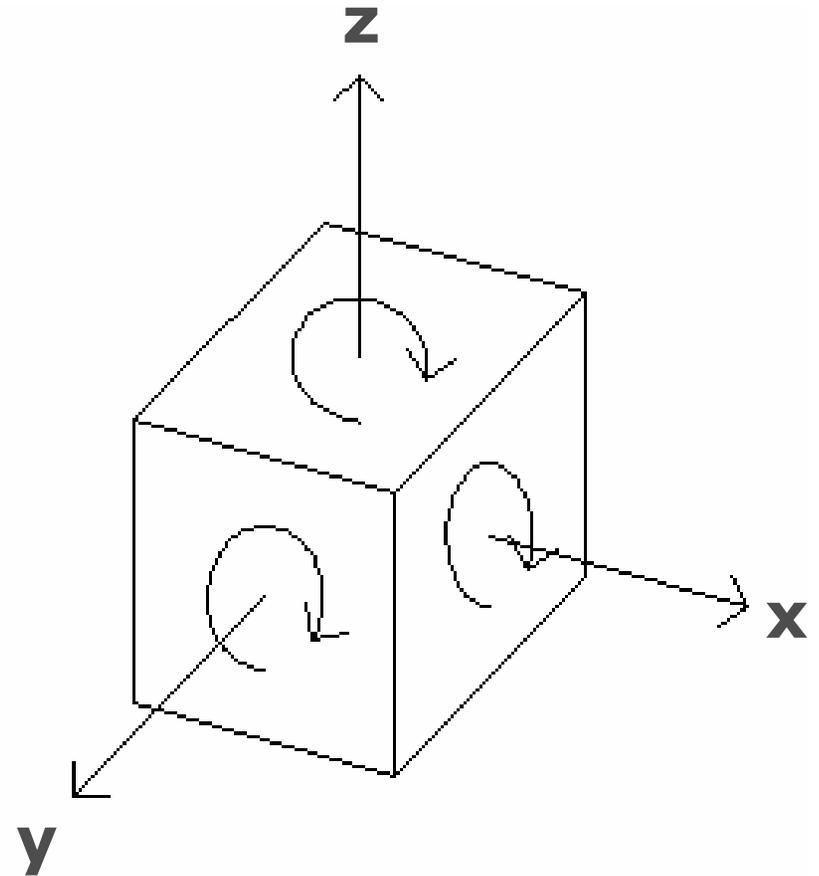
# UN CUERPO EN EL ESPACIO PUEDE SUFRIR DESPLAZAMIENTOS O GIROS

A EFECTOS DE ANALIZAR ESTOS MOVIMIENTOS EN EL ESPACIO UTILIZAMOS TRES PLANOS ORTOGONALES COMO REFERENCIA:

**XY, XZ e YZ.**

EN ESTOS TRES PLANOS  
PODEMOS VISUALIZAR  
6 MOVIMIENTOS  
POSIBLES:

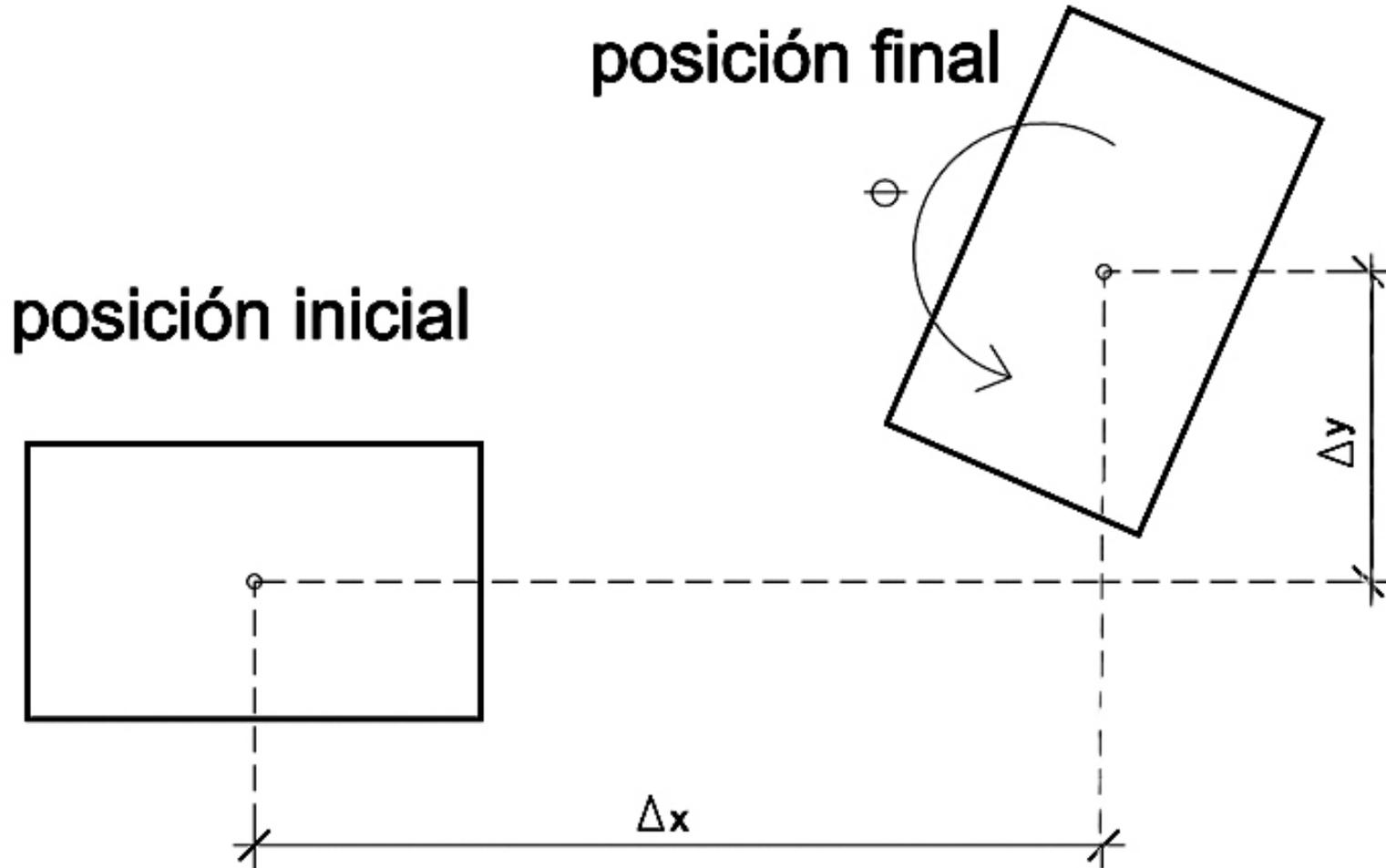
**3 TRASLACIONES  
3 GIROS**



**Trabajaremos con estructuras esquematizables en planos: simplificaremos los análisis reduciéndolos a planos.**

**Los movimientos de un sólido en un plano siempre se pueden reducir a tres:**

**2 traslaciones + 1 giro**



Dado que los **movimientos** son **consecuencia** de la acción de **fuerzas** o **momentos**, hay **tres ecuaciones** que garantizan la ausencia de movimiento en un plano:

$$\sum F \text{ horizontales} = 0 \qquad \sum F \text{ verticales} = 0 \qquad \sum \text{Momentos} = 0$$

## **EQUILIBRIO GLOBAL EN EL PLANO**

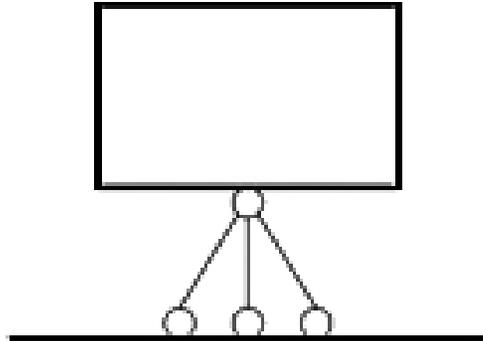
**Mediante una adecuada combinación de vínculos, debemos asegurar la ausencia de todo tipo de movimientos en las estructuras.**

Para que una estructura analizable en un plano esté **globalmente** en **equilibrio** es necesario que disponga de, **al menos, 3 restricciones** de movimiento (no redundantes):

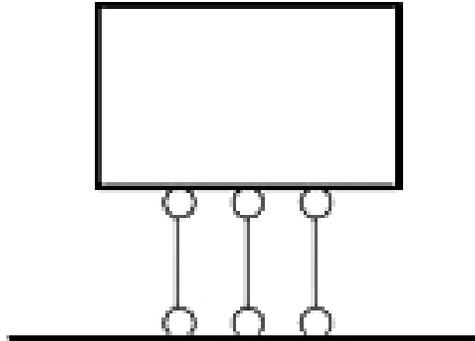
**3 vínculos simples** (no paralelos, ni concurrentes en un mismo punto)

**1 vínculo simple + 1 vínculo doble** (no concurrentes)

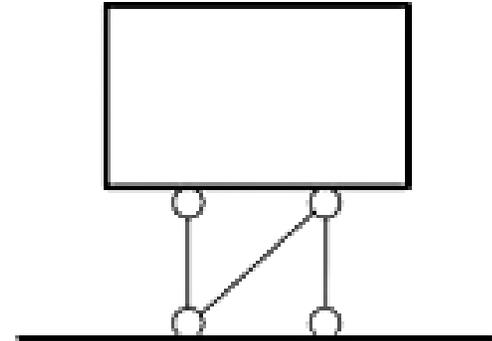
**1 vínculo triple**



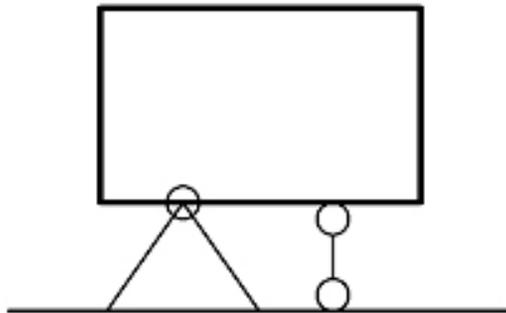
**3 vínculos  
simples  
redundantes**



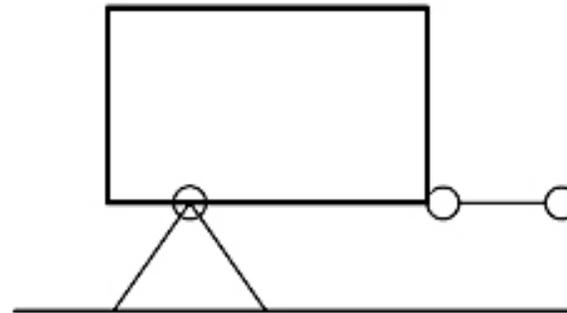
**3 vínculos  
simples  
redundantes**



**3 vínculos  
simples NO  
redundantes**



**1 vínculo doble +  
1 vínculo simple  
NO redundantes**



**1 vínculo doble +  
1 vínculo simple  
redundantes**

# Tipos de estructuras según sus vínculos

Si el número de vínculos de la estructura es **menor** que el estrictamente necesario para impedir todos sus movimientos, se trata de estructuras **HIPOSTÁTICAS**. No tienen la posibilidad de alcanzar el equilibrio para todos los posibles estados de carga que se presenten.

Si el número de vínculos de la estructura es **igual** al estrictamente necesario para impedir todos sus movimientos, se trata de estructuras **ISOSTÁTICAS**. Al momento de analizar su equilibrio global, los vínculos ofrecen **igual número** de incógnitas que las ecuaciones que nos brinda la estática, tenemos un sistema determinado.

Las estructuras con **más** vínculos que los estrictamente necesarios para garantizar la ausencia de movimientos, son las **HIPERESTÁTICAS**. Sus vínculos plantean **más incógnitas** que las ecuaciones de la estática. Para resolver su equilibrio global hay que plantear otras ecuaciones que nos permitan tener un sistema **determinado**. Considerando las **deformaciones elásticas** de las estructuras es posible plantear la igualdad de deformaciones a uno y otro lado de cualquier sección, lo que brinda una fuente ilimitada de ecuaciones.

# Tipos de estructuras según sus vínculos

	MECANISMO (*)	ESTRUCTURA	
		ISOSTATICA	HIPERESTATICA
Uniones asegurando la estabilidad	Insuficientes	Estrictamente necesarios	Abundantes
$n_i$ incógnitas $n_e$ ecuaciones de la estática	$n_i < n_e$	$n_i = n_e$ en condiciones dadas	$n_i > n_e$ las ecuaciones que faltan son dadas por la compatibilidad de deformaciones
Posibilidades de equilibrio	para algunos casos <b>INESTABLE</b>	<b>ESTABLE</b> sin movimientos ni giros	<b>ESTABLE</b> sin movimientos ni giros
Los esfuerzos en los vínculos dependen:		sólo de las fuerzas exteriores	de las fuerzas exteriores, y de las características elásticas de los materiales y geométricas de la sección
Influencia de una variación de temperatura		$\cong 0$	Hace aparecer tensiones importantes en las estructuras
Influencia de un asentamiento de apoyo		$\cong 0$	Hace aparecer tensiones importantes en las estructuras

# arquitectura - estructura

como pensamiento integral unitario



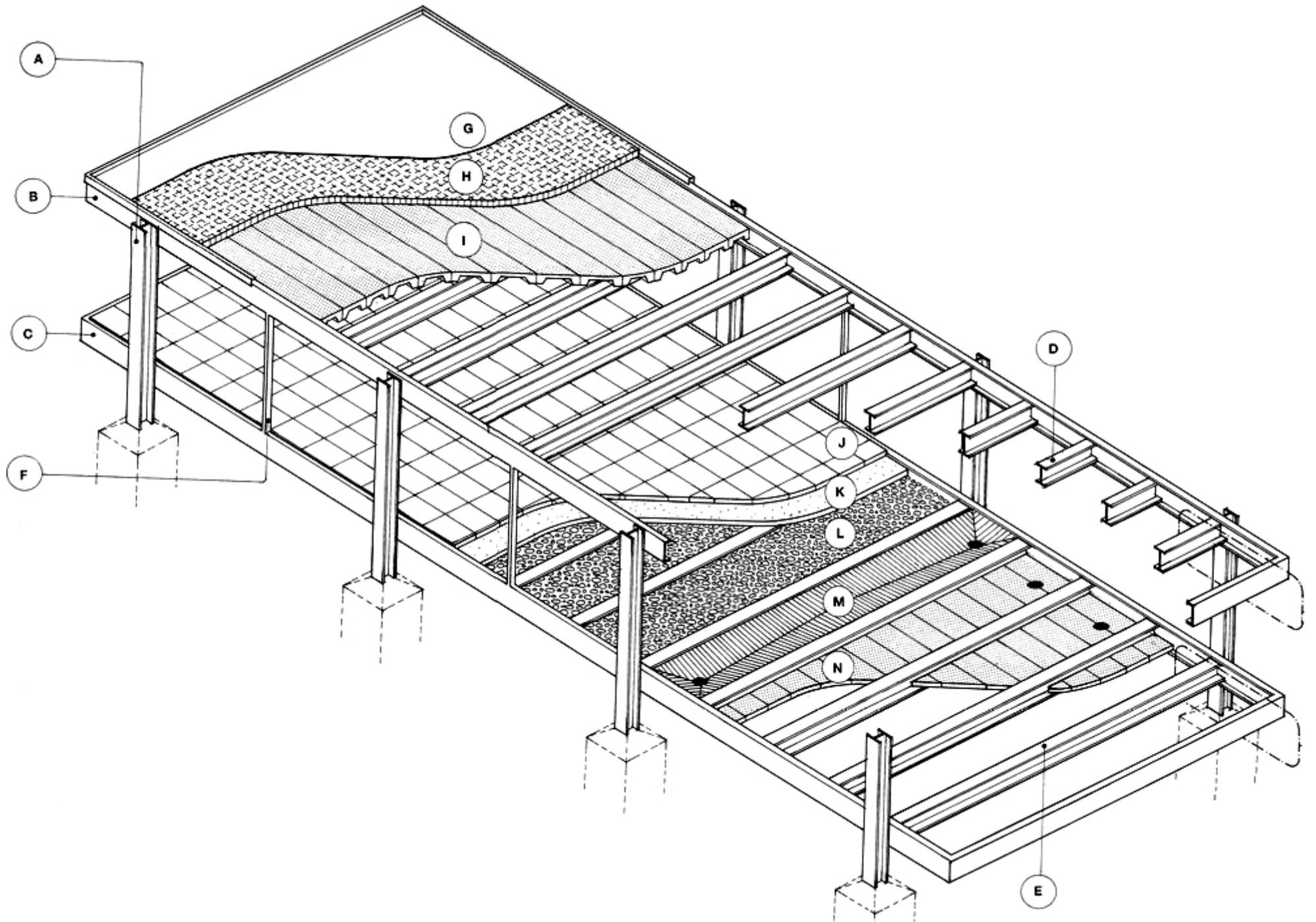
Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951



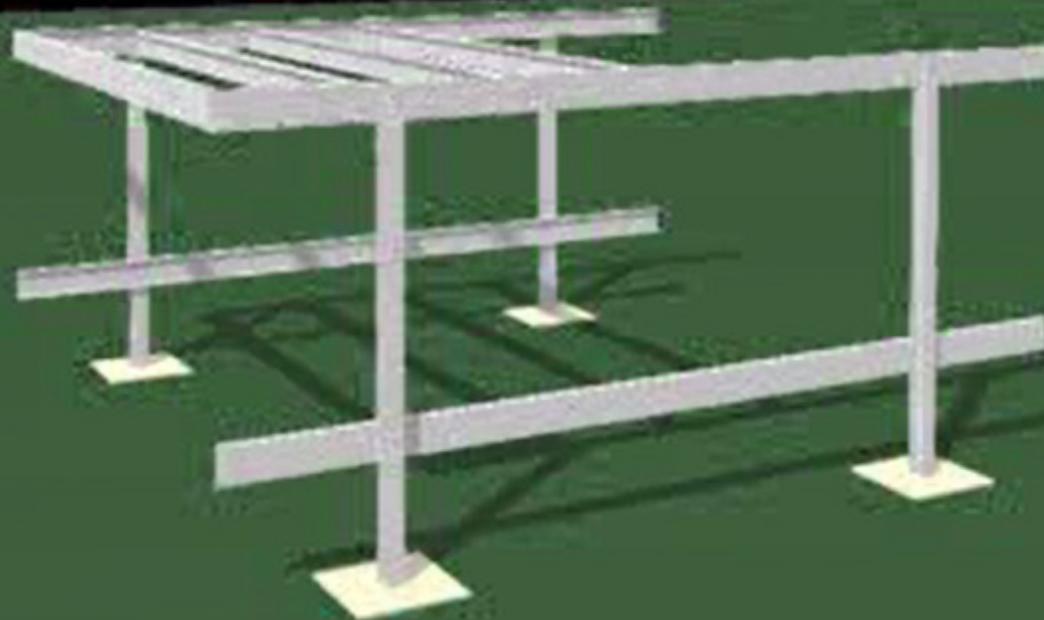
**Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951**



**Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951**

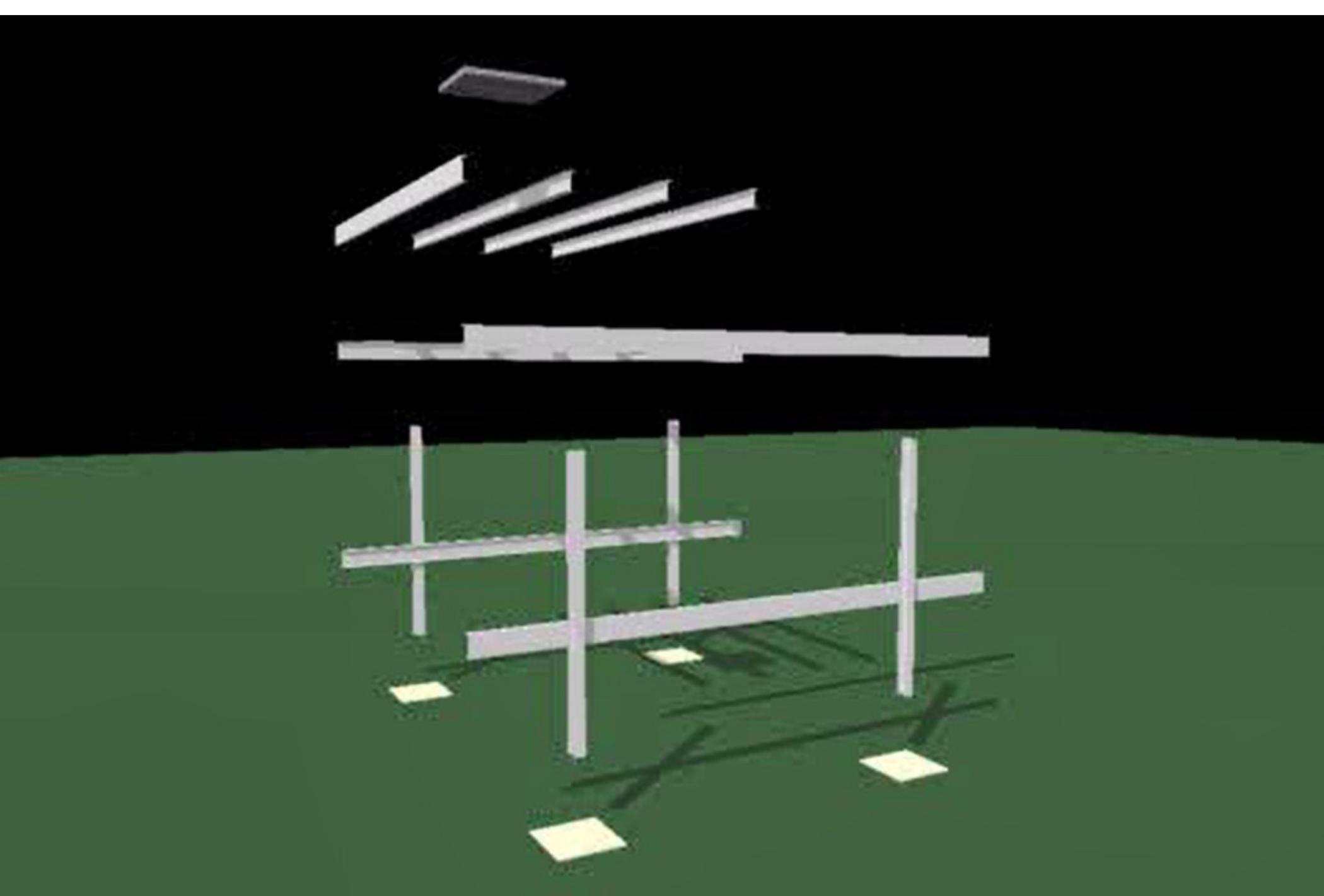


**Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951**



## **MODELO DE FUNCIONAMIENTO**

**Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951**



# MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951

REINFORCED  
CONCRETE  
ONE-WAY SLAB

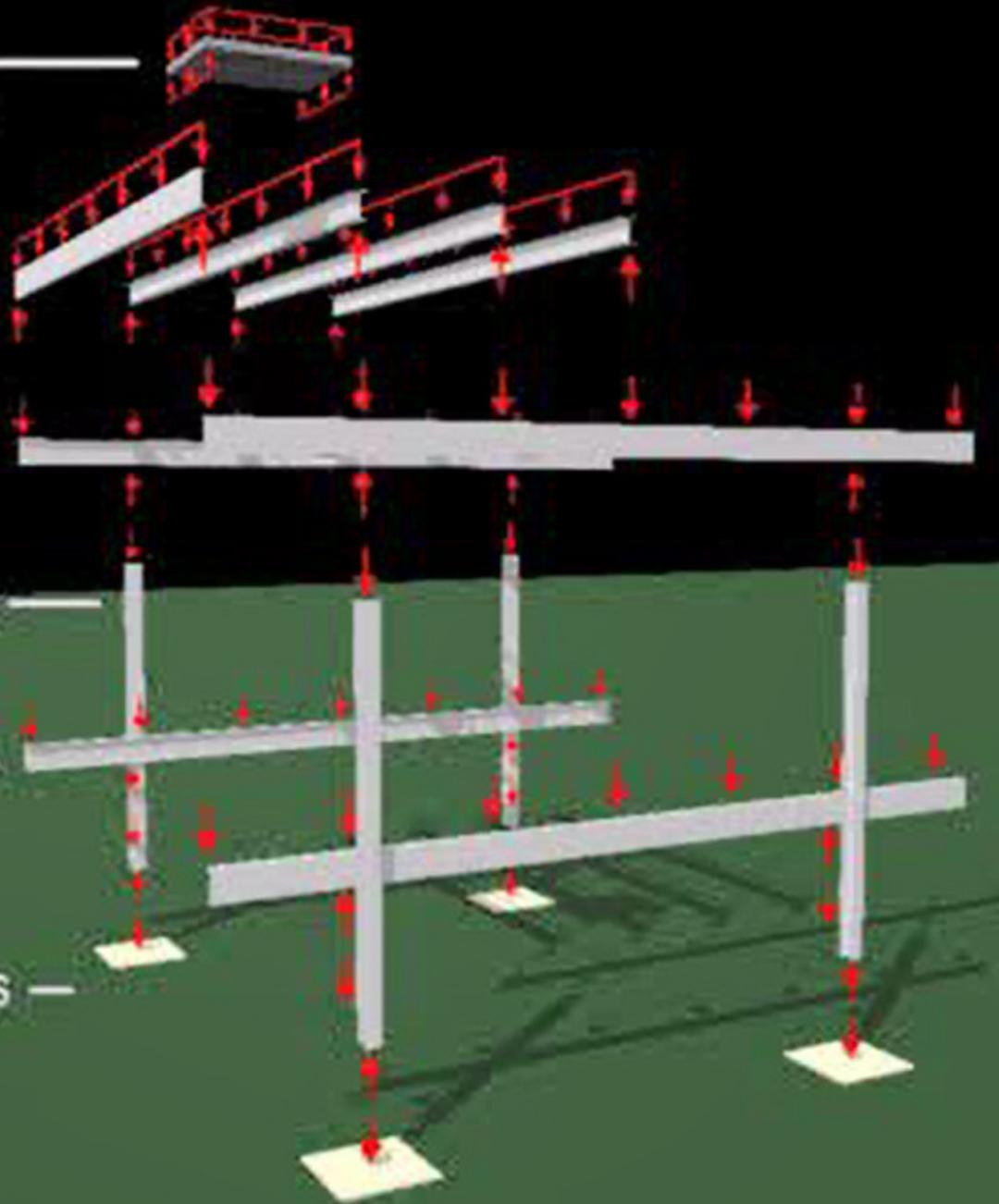
STEEL BEAMS

STEEL GIRDERS

STEEL COLUMNS

STEEL GIRDERS

REINFORCED  
CONCRETE PIERS



## MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951

# DEFLECTION

REINFORCED  
CONCRETE  
ONE-WAY SLAB

STEEL BEAMS

STEEL GIRDERS

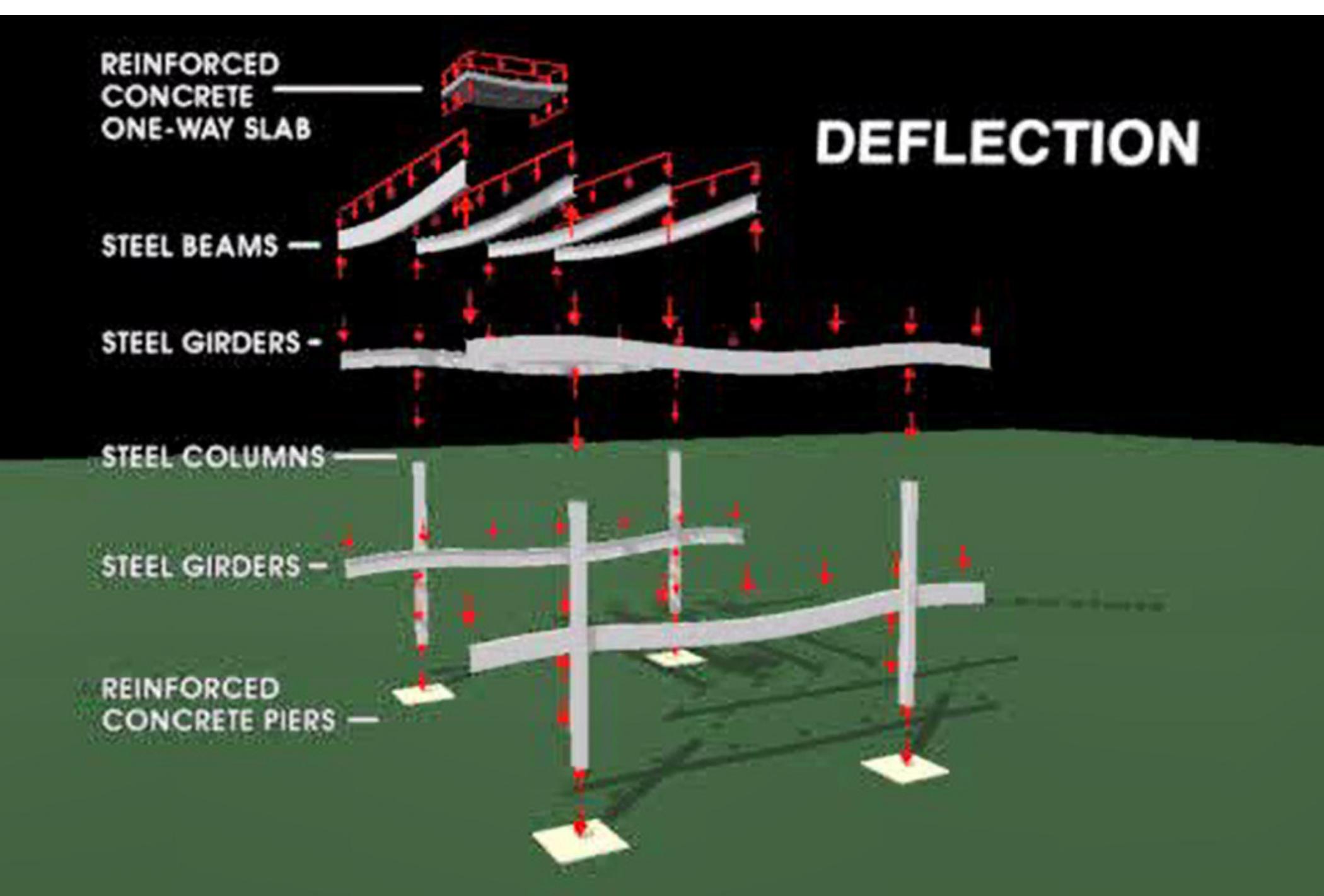
STEEL COLUMNS

STEEL GIRDERS

REINFORCED  
CONCRETE PIERS

## MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Casa Farnsworth, Mies van der Rohe, 1951



# SÍNTESIS

- Presentación el curso.
- **Objetivos y contenidos de ESTRUCTURAS I.**
- Definición de **EQUILIBRIO ESTABLE.**
- Se definen modelos: de **funcionamiento** teórico,  
de **geometría,**  
de **acciones,**  
del **material** y  
de **vínculos.**
- Clasificación de las estructuras según sus **VÍNCULOS** en hipostáticas, **ISOSTÁTICAS** e **HIPERESTÁTICAS.**
- A partir de un ejemplo paradigmático de la arquitectura se plantea como, a través de **MODELIZACIONES,** nos aproximamos al conocimiento de la **REALIDAD.**