



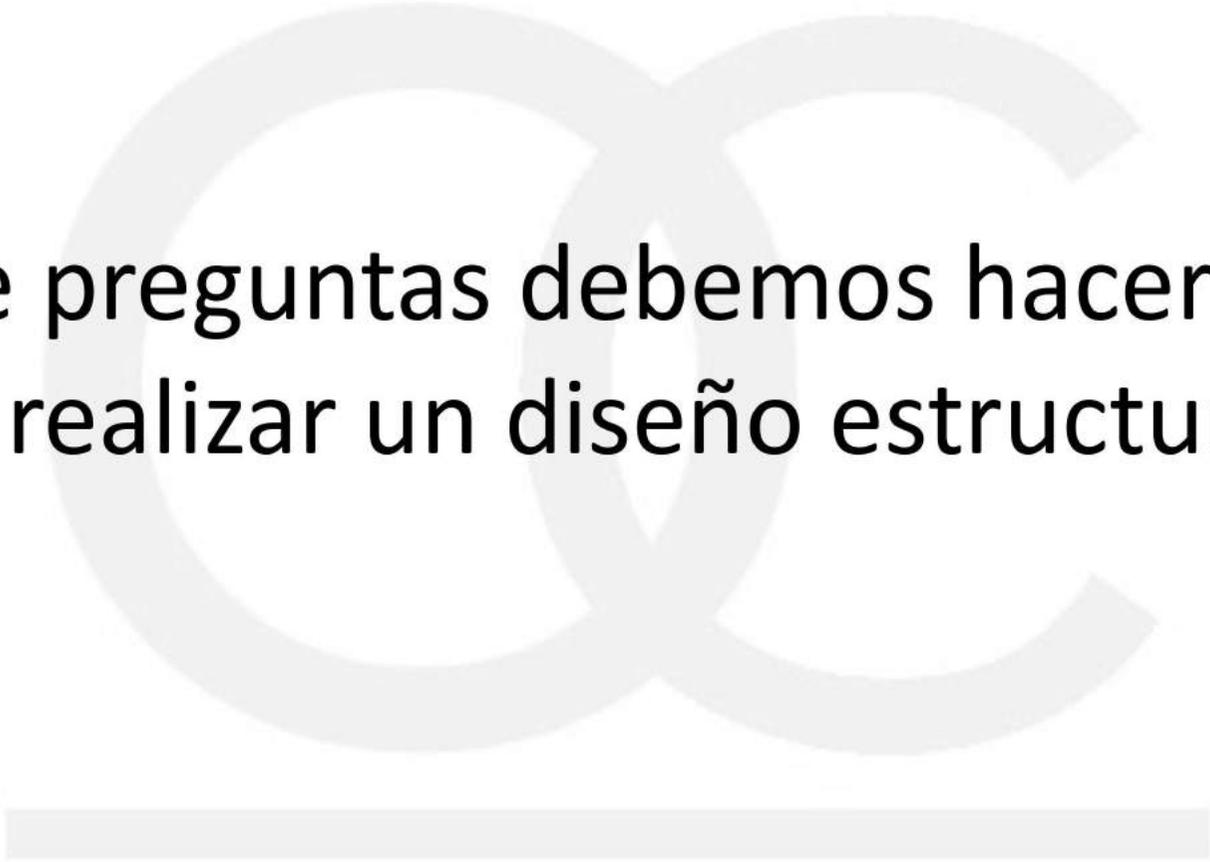
# UNIDAD 1

## Generalidades del Hormigón Armado

---

# Introducción

- El **hormigón** es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de **cemento, arena y grava u otro agregado, y agua**; después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas.
- El hormigón es un **material frágil**; sin embargo, este goza de un buen comportamiento frente a acciones de compresión. Mediante la utilización de barras de acero de refuerzo, el hormigón adquiere un comportamiento satisfactorio cuando los elementos están sometidos a fuerzas de tracción, flexión corte y torsión. Para lo cual, se deben utilizar criterios y recomendaciones actuales de diseño para el dimensionamiento de los elementos de las estructuras de hormigón.
- Idealmente, el objeto del diseño es la optimización del sistema, es decir, la obtención de todas las mejores soluciones posibles. El lograr una solución óptima absoluta o única es prácticamente imposible; sin embargo, puede ser útil optimizar de acuerdo con determinado criterio, **tal como el de peso o costo**.



¿Que preguntas debemos hacernos para realizar un diseño estructural?

# Principales preguntas

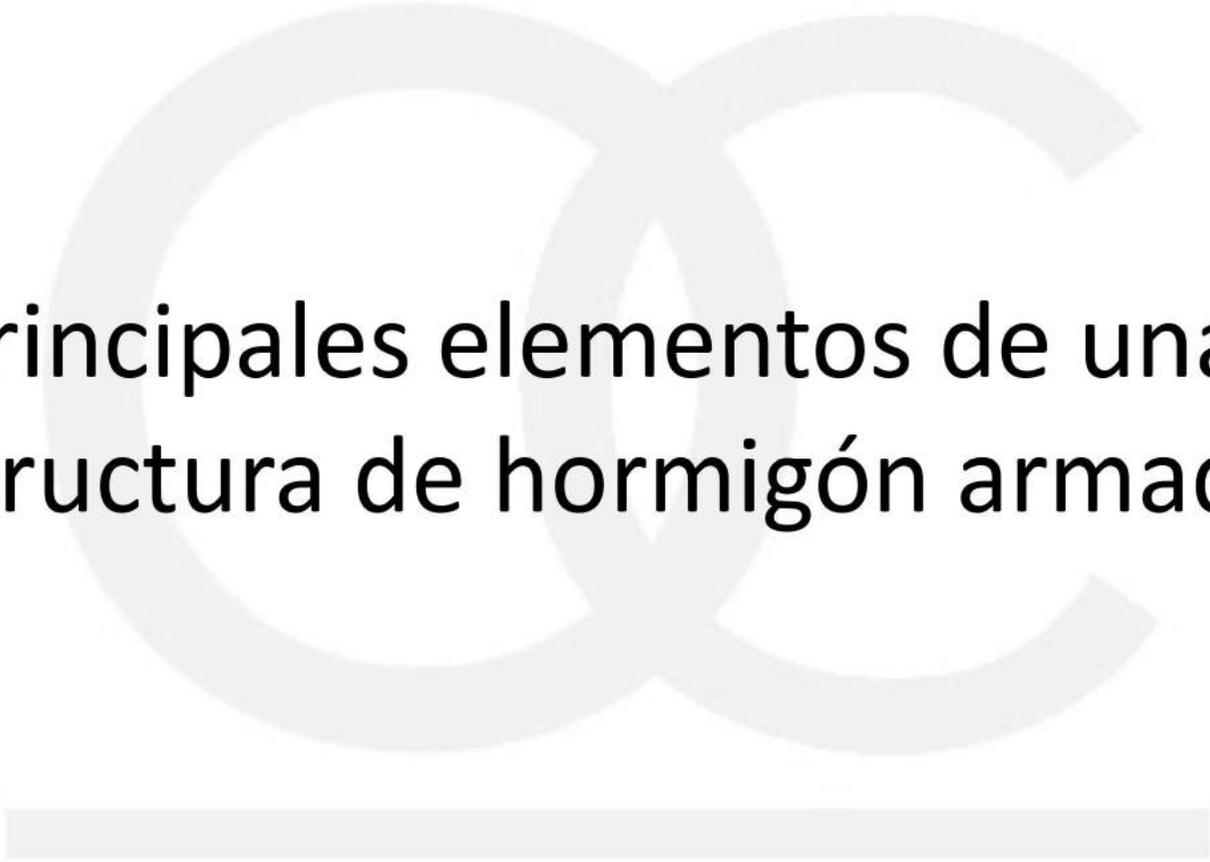
- ¿Qué puede considerarse como seguridad razonable, o como resistencia adecuada?
- ¿Qué requisitos debe satisfacer una estructura para considerar que su comportamiento sea satisfactorio en condiciones de servicio?
- ¿Cual es el uso o destino?
- ¿Qué es un costo aceptable?
- ¿Qué vida útil debe preverse?
- ¿Es estéticamente aceptable la estructura?

# Estructuras de Hormigón Armado

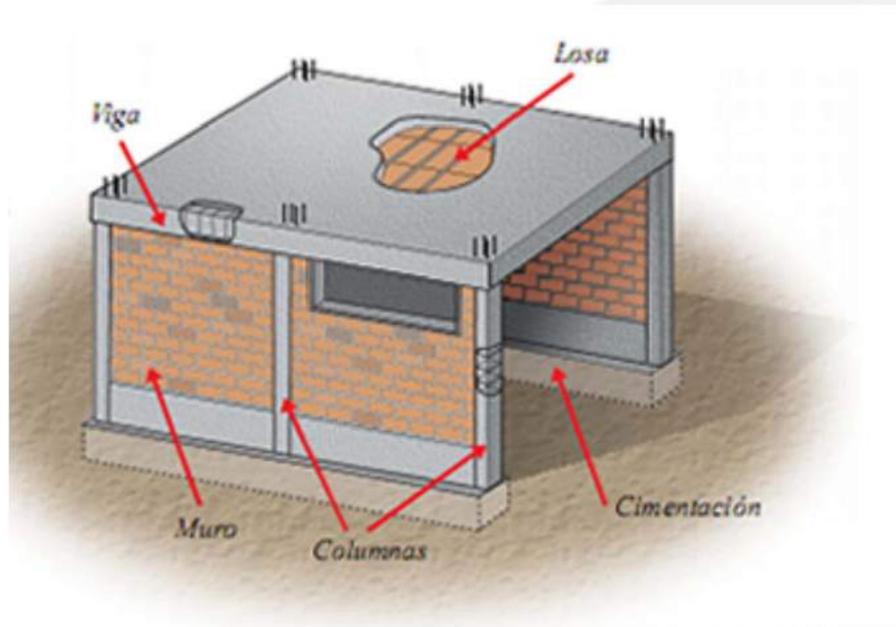
Que es una Estructura?

Tipos de estructuras de Hormigón reforzado?

- Una estructura puede concebirse como **un sistema**, es decir, como **un conjunto de partes** o componentes que se combinan en forma ordenada y adecuada para **cumplir una función** dada. La función puede ser: salvar un claro, como en los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios, o contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un **grado razonable de seguridad** y de manera que, tenga un comportamiento adecuado en las **condiciones normales de servicio**. Además, deben satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.



# Principales elementos de una estructura de hormigón armado



## Características de las estructuras de hormigón

Las estructuras de hormigón armado tienen ciertas características, derivadas de los **procedimientos usados en su construcción**, que las distinguen de las estructuras de otros materiales.

El hormigón se fabrica en estado **plástico**, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere suficiente resistencia para que la estructura sea auto soportante. Esta característica impone ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de éstas es su "**moldeabilidad**", propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de formas. Gracias a ella, es posible construir estructuras, como los cascarones, que en otro material serían muy difíciles de obtener.

## Procedimientos de construcción:

Existen dos procedimientos principales para construir estructuras de hormigón. Cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva, se dice que la estructura ha sido colada ***in situ*** o colada en el lugar. Si se fabrican en un lugar distinto al de su posición definitiva en la estructura, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación (hormigón o concreto **prefabricado**).

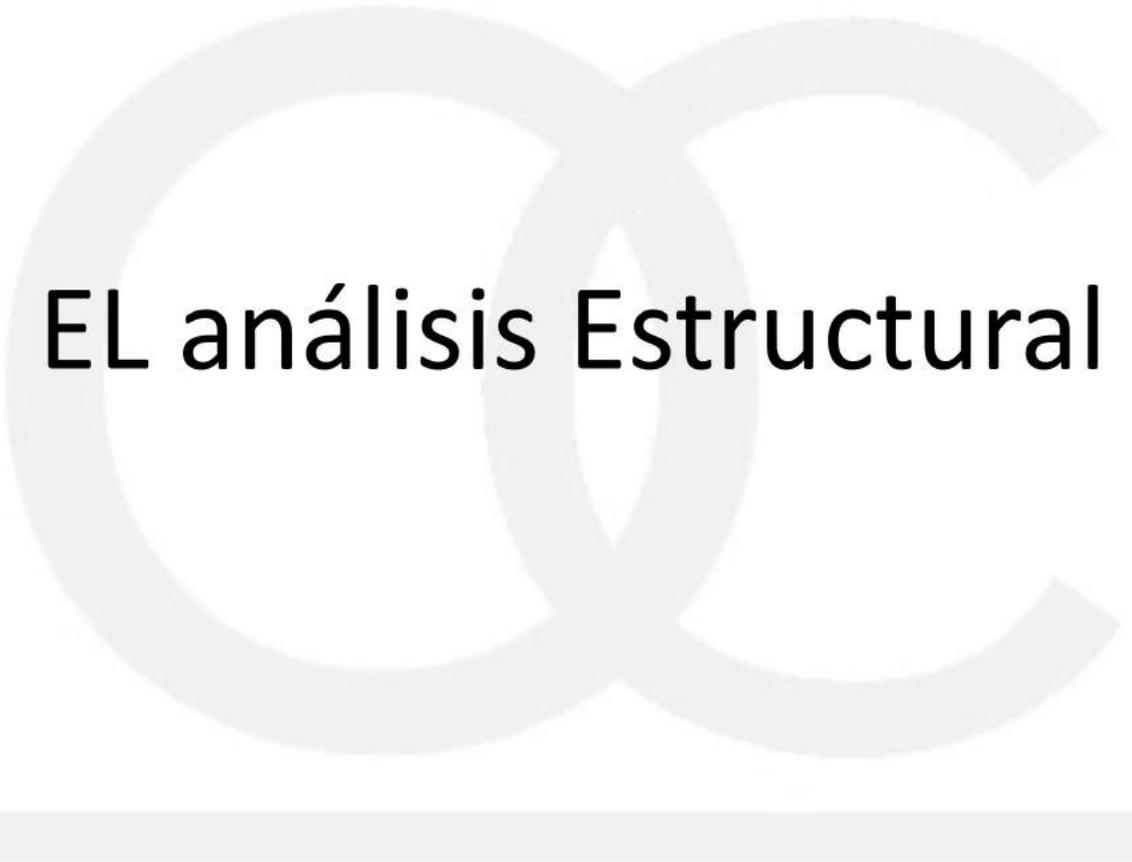
In-situ



Prefabricado



- In-situ: Obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa **es necesario esperar** a que se haya concluido la anterior. Por ejemplo, no puede procederse a la construcción de un nivel en un edificio hasta que el nivel inferior haya adquirido la resistencia adecuada. Además, es necesario a menudo construir **obras falsas** muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva, operaciones que influyen decisivamente en el costo.
- Con el segundo procedimiento se **economiza** tanto en la obra falsa como en el transporte del concreto fresco, y se pueden realizar simultáneamente varias etapas de construcción. Por otra parte, este procedimiento presenta el inconveniente del **costo adicional de montaje y transporte** de los elementos prefabricados y, además, el problema de desarrollar **conexiones efectivas** entre los elementos.
- El proyectista debe elegir entre estas dos alternativas, guiándose siempre por las ventajas económicas, constructivas y técnicas que pueden obtenerse en cada caso.



# EL análisis Estructural

El proceso de diseño de un sistema principia con la formulación de los objetivos que se pretenden alcanzar y de las restricciones que deben tenerse en cuenta. El **proceso es cíclico**; se parte de consideraciones generales, que se afinan en aproximaciones sucesivas, a medida que se acumula la información sobre el problema.

El análisis estructural, es decir, la determinación de las fuerzas internas en los elementos de la estructura, implica un conocimiento de las acciones que actúan sobre la misma y de las dimensiones de dichos elementos. Estos datos son imprecisos cuando se inicia el diseño, ya que sólo se conocen en **forma aproximada** las dimensiones que tendrán los elementos.

Solamente en la fase final de este proceso se hace un cálculo numérico **relativamente preciso**.

El grado de precisión que se trata de obtener en este proceso depende de la importancia de la estructura y de la posibilidad de conocer las acciones que realmente actuarán sobre ella. Un vicio común es el **exceso de minuciosidad** cuando la importancia del problema no lo amerita, o el conocimiento de las acciones solamente es aproximado, y cuando no justifica el ahorro que pueda obtenerse gracias al refinamiento en el análisis.



# Métodos de Diseño

---

Básicamente existen dos:

- Método de “diseño elástico” o por “esfuerzos admisibles” o “tensiones de trabajo”
- Método de diseño por “resistencia última”

## El método elástico o por tensiones admisibles

El diseño elástico parte de la hipótesis que es posible predecir la distribución de esfuerzos en el refuerzo y el concreto cuando los elementos son sometidos a cargas de servicio. Asume un comportamiento elástico de ambos materiales. El diseño consiste en conseguir que los esfuerzos no excedan los esfuerzos admisibles que son una fracción de la resistencia del concreto y del esfuerzo de fluencia del acero.

El método elástico no determina la carga que ocasiona la rotura de la pieza y por ello, su factor de seguridad no es conocido.

## El método por última resistencia

Este método basado en la **rotura** se fundamenta en la predicción de la carga que ocasiona la falla del elemento y analiza el **modo de colapso** del mismo. En pruebas de laboratorio se ha podido comprobar que es posible predecir estas cargas con **precisión suficiente**. Este método toma en consideración el comportamiento **inelástico** del acero y el concreto y por lo tanto, se estima mejor la capacidad de carga del elemento. Algunas de las ventajas de este procedimiento son:

- El diseño por rotura permite controlar el modo de falla de una estructura compleja considerando la resistencia última de las diversas partes del sistema. Algunos elementos se diseñan con menor margen de seguridad que otros para inducir su falla primero.
- Permite obtener un diseño más eficiente, considerando la distribución de esfuerzos que se presenta dentro del rango inelástico.
- Este método no utiliza el módulo de elasticidad del concreto, el cual es variable con la carga. Esto evita introducir imprecisiones en torno a éste parámetro.
- El método de diseño a la rotura permite evaluar la ductilidad de la estructura.
- *Este procedimiento permite usar coeficientes de seguridad distintos para los diferentes tipos de carga.*

La desventaja de usar este método es que solo se basa en criterios de resistencia. Sin embargo, es necesario garantizar que las condiciones de servicio sean óptimas, es decir, que no se presenten deflexiones excesivas, ni agrietamientos críticos. Con la mejora en la calidad del concreto y la obtención de secciones cada vez menores, se tiende a perder rigidez e incrementar las deflexiones y el ancho de fisuras. Por ello, es conveniente usar este método en combinación con otros procedimientos para verificar el adecuado comportamiento de las piezas bajo cargas de servicio.

## Método de diseño propuesto por el ACI

El diseño por resistencia, presenta la ventaja que el factor de seguridad de los elementos analizados puede ser determinado. El código del ACI introduce el factor de seguridad en el diseño a través de dos mecanismos: amplificación de las cargas de servicio y reducción de la resistencia teórica de la pieza.

El código del ACI clasifica las cargas en: permanentes, sobrecarga, sismo, viento, empuje del suelo, etc. y propone expresiones para calcular la carga última de diseño.

## Combinaciones de carga

En síntesis, el método de diseño del código del ACI consiste en determinar las cargas de servicio y amplificarlas (???) de acuerdo a las combinaciones de carga que se presentan en el código. Los elementos se diseñan para que la siguiente relación siempre se verifique:

$$\gamma_1 Q_1 + \gamma_2 Q_2 + \dots + \gamma_n Q_n \leq \phi R_n$$

- donde:
- $\gamma$ : Factor de amplificación de la carga.
  - Q: Carga.
  - $\phi$ : Factor de reducción de resistencia.
  - $R_n$ : Resistencia nominal o teórica del elemento.

## **IMPORTANTE:**

¿Por qué los factores de las combinaciones de carga en unos casos aumentan las cargas y en otros las disminuyen?

¿Cuales son las razones que se manifiestan en el ACI para que los factores de las combinaciones tengan valores diferentes?

## Factores de reducción de resistencia

La resistencia de diseño proporcionada por un elemento, sus conexiones con otros elementos, así como sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deben tomarse como la resistencia nominal calculada, multiplicada por los factores  $\phi$  de reducción de resistencia dados:

Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia $\phi$
Secciones controladas por tracción	0.90
Tracción axial	0.90
Secciones controladas por compresión	
• Elementos con refuerzo transversal en espiral	0.75
• Otros elementos reforzados	0.65
Cortante y torsión	0.75
Aplastamiento	0.65

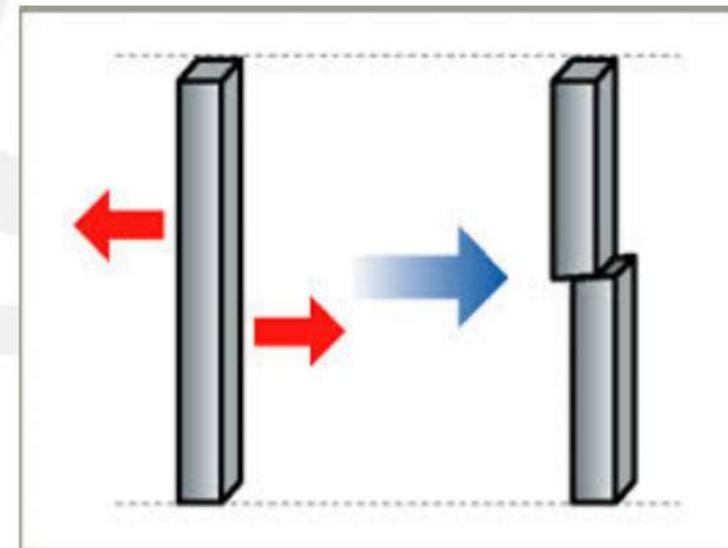
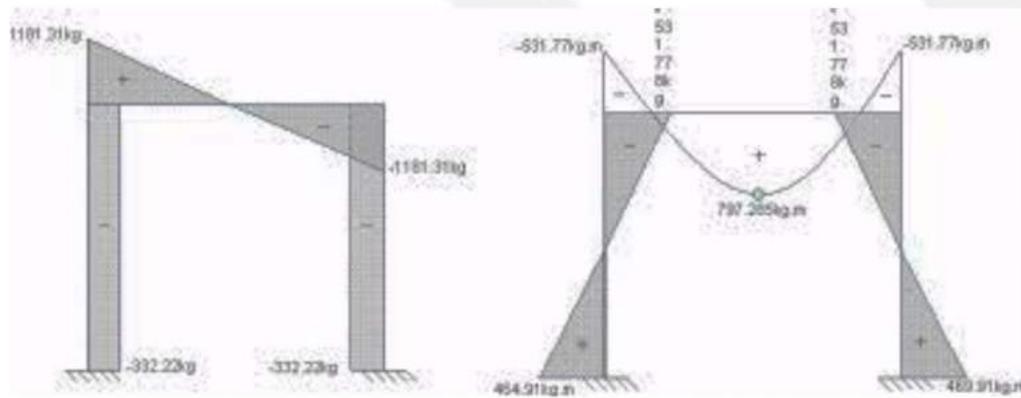
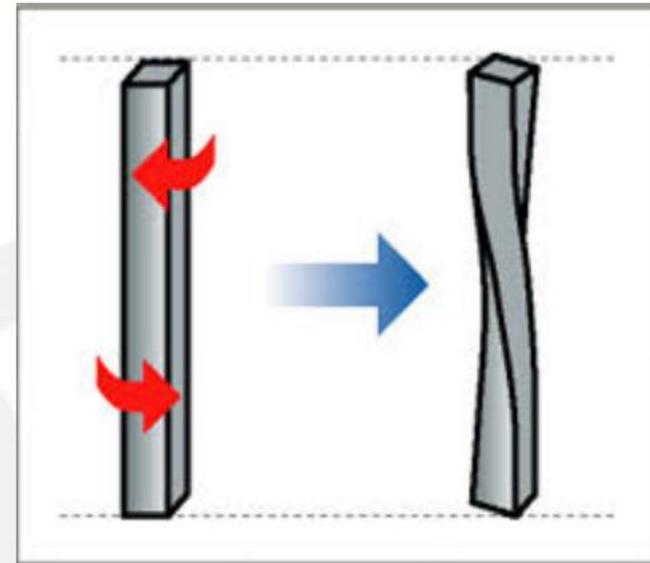
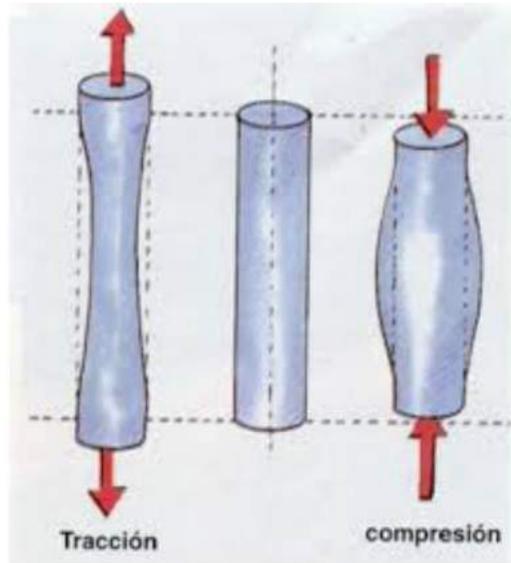
Tabla 12: Factores de reducción de resistencia (fuente: Código [ACI-318](#))

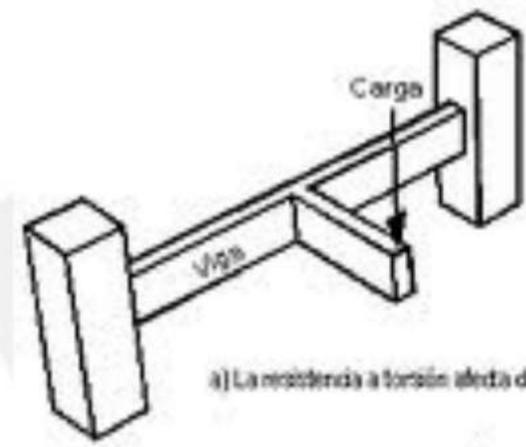
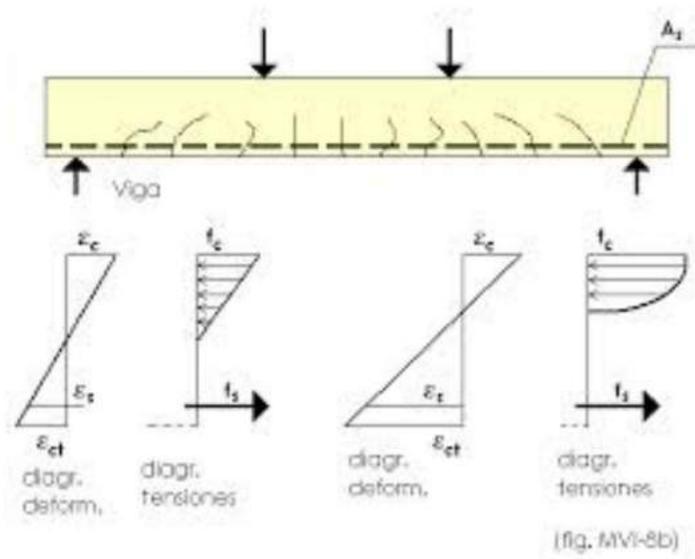
## **IMPORTANTE:**

Según el ACI, ¿cuales son los cuatro propósitos para usar el factor de reducción de resistencia  $\phi$ ?, en otras palabras, ¿por que se usa el factor  $\phi$  según el ACI?

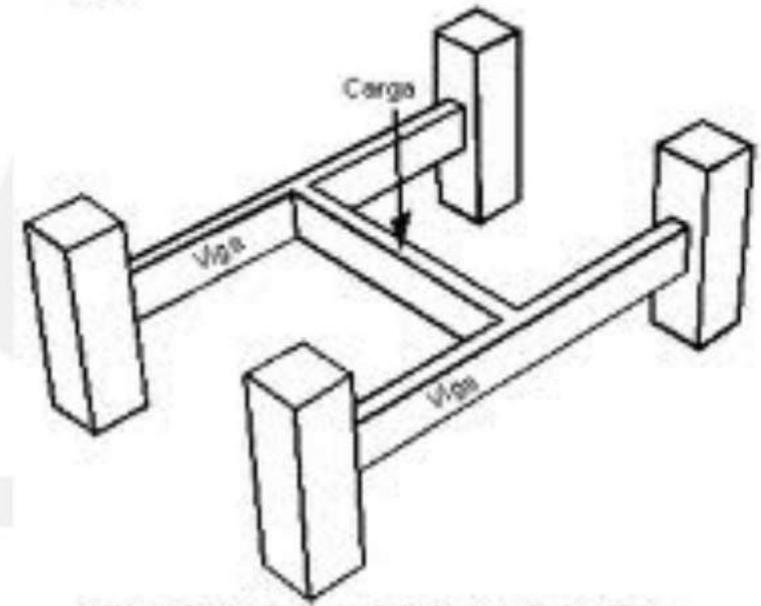
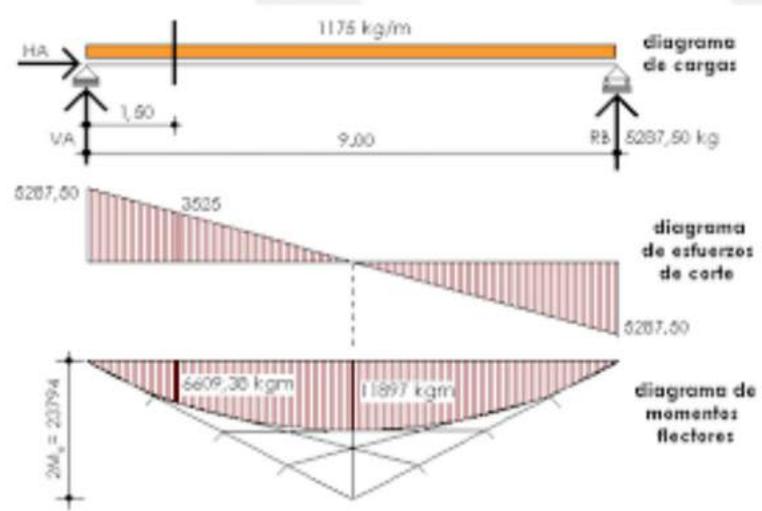
# Tipos de solicitaciones

Quizá la tarea más importante y difícil encarada por el proyectista de estructuras es la **estimación precisa** de las cargas que pueden aplicarse a una estructura durante su periodo de vida útil. No pueden dejar de considerarse cargas que puedan presentarse con cierta probabilidad razonable. Una vez estimadas las cargas, el siguiente problema consiste en determinar cuál será la peor combinación de estas que pueda ocurrir en un momento dado. Por ejemplo, ¿podría estar un puente carretero, completamente cubierto con hielo y nieve, además de estar sujeto a las cargas dinámicas de camiones pesados viajando a gran velocidad en todos los carriles y con un viento lateral de 90 millas, o es más razonable considerar una combinación de cargas más ligeras?





a) La resistencia a torsión directa directamente al equilibrio



b) La resistencia a torsión no directa directamente al equilibrio

