

## ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Bloque: Tecnologías aplicadas

Área: Estructuras

Nivel: 4°

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

### Fundamentación

La ingeniería es una profesión cuyo objetivo es proveer a la sociedad de bienes y servicios a partir de los recursos de la naturaleza y sus productos, haciendo uso del conocimiento científico, del conocimiento tecnológico y la experiencia.

En particular, la ingeniería civil es la rama de la ingeniería que tiene por objetivo producir obras civiles.

El objetivo general de la asignatura es lograr *que el estudiante (futuro ingeniero) adquiera la habilidad de realizar todas aquellas actividades profesionales de la ingeniería civil vinculadas a la generación de las estructuras de hormigón para obras civiles corrientes.*

El proceso de adquisición de dichas habilidades requiere el previo conocimiento de las características de los materiales que conforman al hormigón armado y del conocimiento de los modelos teóricos correspondientes a la mecánica de los medios continuos que son aplicables a las estructuras de hormigón armado.

Como se indicó previamente, en el análisis y proyecto de las estructuras de hormigón armado se hace uso de un conjunto de modelos simples, basados en hipótesis simplificadoras de la realidad observada en el comportamiento de los materiales, las estructuras y las acciones sobre las mismas. El apartamiento de estas hipótesis simplificadoras del comportamiento de las estructuras reales y la incertidumbre propia en los valores que toman las variables que intervienen en los modelos adoptados, hacen que estas deban ser calibradas en base a la experiencia y la información estadística, con el objeto de obtener estructuras de hormigón funcionales, seguras, durables y económicas.

El resultado de la calibración de los distintos modelos se observa en las especificaciones de los distintos Reglamentos y Códigos aplicables a las estructuras de hormigón. Es muy importante el conocimiento del trasfondo existente en los Reglamentos ya que los mismos evolucionan y son modificados a lo largo del tiempo, siendo responsabilidad del futuro ingeniero el estar actualizado constantemente.

El estudiante no debe ser un calculista, si no que debe ser una persona consciente del fundamento y las limitaciones de las metodologías utilizadas en el análisis y diseño de las estructuras de hormigón.

## Objetivos

De acuerdo a la Ordenanza 1030 del Consejo Superior Universitario los Objetivos y Contenidos de la asignatura son los siguientes:

Conocer los conceptos físicos del hormigón armado y pretensado (resistencia, durabilidad y ductilidad).

Desarrollar habilidad para interpretar y aplicar reglamentos.

Dimensionar y verificar componentes de estructuras sencillas.

Adquirir la capacidad para observar, analizar y diferenciar ejemplos de obras de hormigón armado.

Por lo tanto esta Cátedra considera que los estudiantes deberán ser capaces de:

Analizar y diseñar secciones de hormigón armado solicitadas por compresión, tracción, flexión simple, flexión compuesta, corte y torsión.

Analizar, diseñar y ejecutar estructuras conformadas por losas, vigas, columnas y zapatas de hormigón armado.

Proyectar la estructura de hormigón de una obra civil corriente, como por ejemplo la de un edificio de propiedad horizontal.

Determinar cuál es el alcance de su conocimiento en esta rama de la ingeniería estructural. El futuro ingeniero deberá estar en condiciones de profundizar su conocimiento, para que junto con la adquisición de experiencia, pueda acceder a analizar, proyectar, dirigir y ejecutar estructuras de hormigón de mayor complejidad.

Reconocer a la Ingeniería aplicada a las estructuras de hormigón como una actividad profesional que si bien está fundada en un conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento del conocimiento científico en dichas estructuras, sus resultados poseen un grado incertidumbre importante. Por ese motivo y debido a las consecuencias del fracaso de la estructura de hormigón de una obra civil, el margen de seguridad adoptado en el proyecto de las mismas deberá ser correctamente valorado por los alumnos. Se hace énfasis en que los modelos adoptados para el diseño y evaluación de las prestaciones de las estructuras de hormigón no pretenden reflejar la realidad con precisión, si no que son metodologías convencionales de diseño que aseguran un cierto grado de seguridad en los resultados estimados.

### Contenidos

De acuerdo a la Ordenanza 1030 del Consejo Superior Universitario los contenidos de la asignatura son los siguientes:

Generalidades, materiales y reglamentos.

Bases para la verificación de la seguridad y capacidad de uso.

Dimensionamiento de secciones a distintos esfuerzos.

Diseño de losas, vigas, columnas (pandeo) y zapatas (bases).

Dimensionamiento de secciones de hormigón pretensado. Aplicaciones.

### Bibliografía obligatoria

Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón - CIRSOC 201-05

Comentarios al CIRSOC 201-05

Ejemplos de aplicación del CIRSOC 201-05

Reglamento Argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras CIRSOC 101-05

Comentarios al CIRSOC 101-05

Apuntes teórico – prácticos de la cátedra

### Bibliografía complementaria

ACI 318-05

Notas sobre ACI 318-02 – PCA

Diseño de estructuras de concreto – Nilson – Ed. Mc Graw Hill

Reinforced concrete – Wight and Mac Gregor – Ed. Pearson - Prentice Hall

Diseño de concreto reforzado – Mc Cormac – Alfaomega

Hormigón armado – Moller – Ed. Universitas

### Estrategia didáctica

El proceso de enseñanza – aprendizaje se lo entiende como una actividad en la que el protagonista es el estudiante, siendo los docentes quienes arbitran los medios para favorecer el éxito de dicho proceso. Algunos de los medios adoptados son: el dictado de clases teórico - prácticas por parte de los docentes de la cátedra, la resolución de trabajos prácticos por parte de los estudiantes, la realización de prácticas en el laboratorio, el diálogo permanente entre ambos actores (estudiante y docente) y la evaluación continua del proceso de enseñanza – aprendizaje.

La metodología para el desarrollo de la asignatura es la siguiente:

En las clases teórico – prácticas se presentan los contenidos conceptuales de cada unidad haciendo uso de razonamientos inductivos o deductivos según convenga, analogías y haciendo referencia a ensayos de laboratorios y a estudios de casos. Cuando sea conveniente se exponen mediante un cañón fotos, figuras, gráficos y tablas. También se ejecutan en tiempo real memorias de cálculo (ej. ábaco de interacción, planilla para resolución de vigas continuas, etc.).

Se sigue una secuencia lógica en el desarrollo de los contenidos a efectos de facilitar el aprendizaje. Cada problema tiene relación con los resueltos previamente, esta metodología permite comparar los resultados obtenidos en las distintas instancias, lo que facilita la identificación de similitudes y diferencias entre los mismos; además se busca que a través de la resolución de una serie de problemas simples el estudiante identifique metodologías para resolver problemas de mayor complejidad.

Como complemento de las clases teórico - prácticas los estudiantes deben consultar la bibliografía recomendada por la cátedra. La misma es facilitada por la cátedra en formato digital al inicio del curso. Los apuntes teórico-prácticos de cada clase también se facilitan en formato digital. Actualmente los apuntes del curso se encuentran publicados en el Campus Virtual de la UTN - FRBA.

Se trata de despertar el interés de los estudiantes incentivando el estudio y la solución de temas especiales. Se fomenta el diálogo permanente entre los docentes y los alumnos.

Se hace uso de un foro ubicado en el aula virtual del Campus la UTN - FRBA para mantener la comunicación permanente con los estudiantes, incluso por fuera del horario normal de clases.

A efectos de simplificar el desarrollo de la asignatura, los contenidos de la misma se dividieron en dos partes. Por un lado, los contenidos correspondientes al análisis y diseño de secciones de hormigón armado solicitadas por distintos tipos de esfuerzos, y por el otro, los correspondientes al análisis y diseño de los distintos tipos de elementos estructurales. Por lo tanto, en la primera parte de la materia se analiza el comportamiento y se diseñan secciones de hormigón armado solicitadas por esfuerzo axil, flexión simple y compuesta, corte y torsión y en la segunda parte se analiza el comportamiento y se procede a diseñar losas, vigas y columnas de hormigón armado en el contexto de la estructura que conforman.

En paralelo a la presentación de cada unidad, los alumnos resuelven un Trabajo Práctico. El objetivo de los Trabajos Prácticos es que el estudiante, durante su ejecución, se encuentre con dificultades similares a las que tendrá en su futura actividad profesional y se ejercite en su resolución. Al igual que en el ejercicio de la profesión no basta con resolver correctamente un problema, si no que se debe saber justificar la metodología utilizada en la resolución y transmitir

los resultados a efectos que los mismos puedan ser comprendidos por otras personas y materializados en la obra.

Los Trabajos Prácticos correspondientes a las Unidades 6, 7 y 8 (Losas, vigas y columnas) se resuelven en forma integrada, esto es mediante el diseño de la estructura de hormigón para un edificio corriente. En una primera etapa se plantea el esquema estructural, seguido se procede a realizar el análisis de cargas y luego el diseño de la estructura propiamente dicha.

Los Trabajos Prácticos se resuelven en forma grupal a modo de estimular el trabajo en equipo. Esto genera intercambio de ideas entre los estudiantes, enriqueciendo su formación.

Los Trabajos Prácticos se presentan con la carátula estándar de la materia en hojas A4, permitiéndose la entrega de planos anexos en formatos normalizados, todas ellas numeradas e identificado su autor o autores. Se fomenta el uso de planillas de cálculo (ej. Excel), procesadores numéricos (ej. Mathcad) y herramientas de diseño asistido (ej. Autocad).

Además de la resolución de Trabajos Prácticos, se realizan dos Prácticas en el Laboratorio. Estas prácticas tienen por objeto que el estudiante tome conciencia de la diferencia entre el comportamiento de las estructuras reales y los modelos de análisis y diseños adoptados. De cada Práctica se elabora un Informe grupal.

#### Trabajos Prácticos

- TP 0 – Combinaciones de cargas.
- TP 1 – Esfuerzo axial.
- TP 2 – Flexión simple.
- TP 3 – Flexión compuesta.
- TP 4 – Corte.
- TP 5 – Torsión.
- TP 6 – Losas (integrador).
- TP 7 – Vigas (integrador).
- TP 8 – Columnas (integrador).

#### Prácticas en el Laboratorio

- PL 1 – Flexión simple.
- PL 2 – Corte.

#### Planificación de los tiempos (ver planificación gráfica anexa)

Presentación de la asignatura	2hs.
Clases teórico-prácticas	85hs.
Resolución de Trabajos Prácticos	45hs.
Evaluaciones Parciales	16hs.
Prácticas en Laboratorio	12hs.
<b>TOTAL</b>	<b>160hs.</b>

## Contenidos conceptuales por unidad

### *Unidad 0: Análisis y diseño de las estructuras*

Generalidades. Códigos y Reglamentos. Reseña histórica, Resoluciones. Reglamento CIRSOC 101-05. Reglamento CIRSOC 201-05. Factores de seguridad. Índices de seguridad. Método de diseño por factores de cargas y resistencia (LRFD).

## PRIMERA PARTE

### *Unidad 1: Esfuerzo axial*

Análisis de secciones con esfuerzo axial. Hipótesis fundamentales. Periodo elástico – lineal. Resistencia nominal y de diseño a compresión. Tracción crítica. Resistencia nominal y de diseño a tracción. Clases de exposición. Recubrimientos.

### *Unidad 2: Flexión simple*

Análisis de secciones de vigas con flexión simple. Generalidades. Hipótesis fundamentales. Periodo elástico-lineal: sección no fisurada, momento crítico, sección fisurada, secciones rectangulares. Resistencia nominal: secciones rectangulares y de forma general sub-armadas. Diseño por resistencia. Condición de deformación balanceada. Secciones controladas por compresión, por tracción y secciones de transición. Refuerzo máximo en secciones rectangulares de vigas controladas por tracción. Refuerzo mínimo en vigas. Diseño de una sección rectangular controlada por tracción sin armadura comprimida. Método adimensional. Método dimensional. Resistencia máxima en secciones rectangulares controladas por tracción sin armadura comprimida. Diseño de una sección rectangular controlada por tracción con armadura comprimida. Diseño de una sección rectangular con placa comprimida controlada por tracción. Diseño de una sección de forma arbitraria controlada por tracción. Separación mínima de los refuerzos. Separación máxima de los refuerzos.

### *Unidad 3: Flexión compuesta*

Análisis y diseño por resistencia de secciones solicitadas con flexión compuesta. Secciones rectangulares: flexión compuesta recta, curva de interacción, armado simétrico, armado simple, armado uniformemente distribuido. Flexión compuesta oblicua: superficie de interacción, método del contorno de carga. Secciones circulares. Secciones de forma arbitraria. Hormigón pretensado.

### *Unidad 4: Corte*

Análisis y diseño de secciones solicitadas con esfuerzos de corte. Secciones homogéneas, isotrópicas y elásticas en su rango lineal. Secciones de hormigón armado sin armaduras de refuerzo por corte. Resistencia nominal al corte de una sección sin armaduras de refuerzo por corte. Efecto de las fuerzas axiales en la resistencia al corte. Secciones de hormigón armado con armaduras de refuerzo por corte. Resistencia nominal al corte de una sección con armaduras de refuerzo por corte. Estribos. Barras dobladas. Diseño de secciones con esfuerzos de corte. Sección crítica para los esfuerzos de corte. Secciones de altura variable. Secciones sin refuerzos por corte. Armado mínimo por corte, separación máxima entre refuerzos. Resistencia máxima al corte. Disposiciones del CIRSOC 201-05

### *Unidad 5: Torsión*

Análisis y diseño de secciones solicitadas con esfuerzos de corte y torsión. Torsión. Diseño a torsión. Generalidades. Torsión crítica. Umbral de torsión. Torsión de equilibrio y de compatibilidad. Determinación de  $T_u$ . Control de fisuración. Resistencia nominal a torsión. Estibado vertical. Armado longitudinal. Armado mínimo. Disposiciones del CIRSOC 201-05

## SEGUNDA PARTE

### *Unidad 6: Losas*

Losas sobre apoyos rígidos. Análisis y diseño de losas: Losas con curvatura simple y curvatura doble. Refuerzo mínimo por temperatura y contracción de fragüe. Método de las fajas (Grashof – Marcus). Método del damero (Löser). Cálculo elástico. Método de los coeficientes (Kalmanok). Control de deflexiones. Reglas de armado. Disposiciones CIRSOC 201-05. Zapatas.

### *Unidad 7: Vigas*

Análisis y diseño de vigas de pórticos: Cálculo elástico aproximado. Coeficientes de momentos. Método de H. Cross. Redistribución de momentos. Análisis y diseño de nudos. Pases en vigas. Apeo de viga sobre viga.

Armado de vigas. Adherencia y longitud de anclaje. Ganchos. Puntos de corte y doblado de barras. Integridad estructural. Empalme de barras. Control de fisuración. Control de deformaciones. Deformaciones instantáneas y diferidas en el tiempo. Deformaciones por retracción de fragüe y variación de temperatura. Disposiciones CIRSOC 201-05.

### *Unidad 8: Columnas*

Análisis y diseño de columnas esbeltas. Flexión compuesta en columna esbelta desplazable. Flexión compuesta en columna esbelta indesplazable. Pórtico arriostrado o indesplazable. Pórtico no arriostrado o desplazable. Disposiciones CIRSOC 201-05. Método de amplificación de momento. Estribado. Reglas de armado.

### Evaluación del proceso de enseñanza - aprendizaje

El objeto de la evaluación del proceso de enseñanza – aprendizaje es el de optimizar los resultados de dicho proceso.

Por un lado, se evalúan las acciones de la cátedra y los resultados de dichas acciones. Los elementos a tener en cuenta para realizar esta autoevaluación son: el diálogo permanente con los estudiantes, las encuestas anuales realizadas a los estudiantes con el fin de lograr la mejora permanente, el informe final correspondiente al plan anual de actividades y el diálogo entre los docentes integrantes de la cátedra.

La evaluación de los alumnos sigue las directivas del nuevo Reglamento de estudios Ord. UTN N°1549).

Durante el curso regular de la asignatura los alumnos serán evaluados en forma continua.

Los alumnos serán evaluados individualmente con ocho evaluaciones escritas sobre los contenidos teórico - prácticos de las ocho Unidades temáticas respectivas (1 a 8) en las que se ordena la materia e incluyen los temas de cada Unidad desarrollados en clase, en los trabajos prácticos y en la bibliografía obligatoria.

El promedio de las primeras cuatro evaluaciones (con sus respectivos recuperatorios) constituye la nota del primer cuatrimestre y el promedio de las últimas cuatro evaluaciones (con sus respectivos recuperatorios) constituye la nota del segundo cuatrimestre. Es requisito obligatorio para aprobar la cursada de la materia haber aprobado todas y cada una de las evaluaciones.

Cada evaluación tendrá dos instancias adicionales de recuperatorio. En caso de desapropiar y/o estar ausente en los dos recuperatorios correspondientes a una evaluación no aprobada oportunamente, el alumno perderá la condición de alumno regular de la asignatura, debiendo recurrir la misma. Se adopta el régimen de actualización de notas, o sea la nota del recuperatorio es la que vale, quedando anulada la nota anterior.

Si bien los Trabajos Prácticos son resueltos en forma grupal, la evaluación de los mismos es individual y se realiza por medio de un Coloquio entre el estudiante y un docente de la cátedra. Es condición necesaria para acceder al Coloquio correspondiente a un Trabajo Práctico que el grupo al que pertenece el estudiante haya aprobado el mismo. Cuando el estudiante aprueba el coloquio, el docente procede a firmar la copia individual del respectivo Trabajo Práctico grupal.

La Evaluación de las Prácticas de Laboratorio se realiza mediante un coloquio al momento de la firma de la copia individual del respectivo Informe grupal.

Requisitos para aprobar la asignatura de acuerdo al régimen de aprobación no directa:

- Asistencia mínima al 75% de las clases.
- Aprobar todos los Trabajos prácticos.
- Aprobar todas las Prácticas de laboratorio.
- Aprobar todas y cada una de las evaluaciones de las ocho unidades con nota mayor o igual a 6 (seis)
- Aprobar una evaluación final de la materia



La Evaluación Final de la materia consta de problemas prácticos y de un coloquio en los que se determina si el estudiante *adquirió la habilidad de analizar, proyectar y construir estructuras de hormigón para las obras civiles corrientes.*

La Evaluación final se realiza en las fechas previstas por el Calendario académico. La nota final resulta de considerar el desempeño del estudiante durante el curso y la Evaluación Final.

Requisitos para aprobar la asignatura de acuerdo al régimen de aprobación directa:

Asistencia mínima al 75% de las clases.

Aprobar todos los Trabajos prácticos.

Aprobar todas las Prácticas de laboratorio.

Aprobar todas y cada una de las evaluaciones de las ocho unidades con nota mayor o igual a 6 (seis)

Aprobar el primer cuatrimestre con una nota mayor o igual a 8 (ocho) y aprobar el segundo cuatrimestre con una nota mayor o igual a 8 (ocho).

En caso de aprobar ambos cuatrimestres y no alcanzar la nota mínima para la aprobación directa el alumno podrá solicitar rendir una evaluación integradora para acceder a la aprobación directa. La evaluación integradora se aprueba con 8 (ocho). El hecho de presentarse a un recuperatorio inhabilita a presentarse en la evaluación integradora.

### Articulación con asignaturas del área Estabilidad, Resistencia de materiales y Estructuras

Se adopta el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA) según Ley 19511/72. Si bien existe bibliografía que utiliza distintos sistemas de unidades, el uso generalizado de un único sistema facilita al estudiante concentrarse en los conceptos nuevos para él y no malgastar su tiempo en hacer traducciones de unidades. Esta propuesta no implica desconocer la existencia de otros sistemas ni la habilidad que debe tener el estudiante de realizar cambios de unidades cuando lo requiera.

En el desarrollo de temas teóricos correspondientes al área de estabilidad y resistencia de materiales (método de H. Cross, columnas esbeltas, etc.) se adopta la nomenclatura y sistema de coordenadas utilizado en el libro Ciencia de la construcción de O. Belluzzi.

### Articulación vertical con asignaturas del tercer nivel

Tecnología del hormigón: Se adopta un Reglamento de referencia común en ambas asignaturas (CIRSOC 201-05). Los conocimientos sobre las estructuras de hormigón a desarrollar en Tecnología del hormigón (por ejemplo, los tratados en el CIRSOC 201-05, Caps. 2, 3, 4 y 5).

Resistencia de materiales: Debido a que la asignatura Estructuras de hormigón es la continuación natural de Resistencia de materiales, se parte de los conocimientos adquiridos en esta última para abordar en forma racional los correspondientes a la presente asignatura.

### Articulación horizontal con asignaturas del cuarto nivel

Diseño arquitectónico: El Trabajo Práctico correspondiente a las Unidades 6, 7 y 8 (Diseño de la estructura de hormigón para un edificio corriente) se desarrolla sobre un proyecto ejecutado en dicha materia.

Análisis estructural I: Durante el curso se expondrá el método de Cross para la resolución de pórticos indesplazables. Los estudiantes podrán comparar los métodos estudiados en ambas asignaturas.

### Articulación vertical con asignaturas del quinto nivel

Cimentaciones: Se adopta un Reglamento de referencia común en ambas asignaturas (CIRSOC 201-05). Se acuerdan los conocimientos sobre las estructuras de hormigón a desarrollar en Cimentaciones (por ejemplo: análisis y diseño de zapatas, tensores, plateas, pilotes, cabezales de pilotes, muros de contención y muros de sótano).

Análisis estructural II: Se adopta un Reglamento de referencia común en ambas asignaturas (CIRSOC 201-05). Los conocimientos sobre las estructuras de hormigón a desarrollar en Análisis estructural II (por ejemplo: vigas de gran altura, ménsulas cortas, entrepisos sin vigas, pórticos contraviento, modelo puntal-tensor, hormigón pretensado, estructuras sismo resistentes)

Prefabricación: Los conocimientos sobre las estructuras de hormigón a desarrollar en Prefabricación (por ejemplo: corte por fricción y anclajes en hormigón).