

Departamento de Estabilidad

84.01 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA CIVIL

## **CONSTRUCCIONES**

Autora: Ing. Carolina Pérez Taboada<sup>1</sup>

En base a la presentación de: Ing. Raúl Husni<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> JTP del Dto. de Estabilidad, Facultad de Ingeniería, UBA

<sup>2</sup> Profesor Emérito de la FIUBA, profesor y director del curso en la Maestría de Construcción y Diseño Estructural de la UBA, ex Director del Departamento de Construcciones y Estructuras de la FIUBA, entre otros.

**Índice de contenidos**

Las construcciones.....	3
Código de Hammurabi .....	3
Situación legal actual .....	3
Ética y responsabilidad social .....	3
Regulación del ejercicio de la profesión: Agrimensura, Arquitectura e Ingeniería .....	4
Código de Ética .....	4
Desarrollo sostenible.....	5
Externalidades.....	6
Duración .....	6
Etapas de una construcción .....	6
Construcción (etapa de obra).....	6
Seguridad .....	6
Demolición.....	7
Obrador .....	7
Replanteo .....	7
Instrumentos de medición .....	8
Relevamiento.....	8
Fundaciones.....	8
Fundaciones superficiales.....	8
Fundaciones profundas .....	9
Submuración .....	9
Encofrados y apuntalamientos.....	9
Armaduras .....	9
Elaboración y transporte del hormigón .....	10
Colocación y curado.....	10
Curado.....	10
Desencofrado .....	10
Prefabricados y construcción industrializada .....	10
Perspectivas para las construcciones.....	11

## Construcciones

### Las construcciones

Una construcción constituye un servicio a la humanidad. Sin embargo, debido a que en general están destinadas a resguardar personas, las fallas en las mismas ponen en riesgo la integridad física de las personas que las transitan. Esta es una realidad con la que debe lidiar cualquier constructor, tenga o no título habilitante.

#### Código de Hammurabi

El código de Hammurabi<sup>3</sup> es el primer conjunto de leyes del que se tiene registro en la historia. Tenía como objetivo fomentar el bien entre las personas. Sus leyes se basan en la Ley del Tali3n: "ojo por ojo, diente por diente".

Este c3digo, entre otras cosas, definía que:

*Si un constructor concluye la construcci3n de una casa, pero su obra no es lo bastante resistente y luego se derrumba causando la muerte del propietario, el constructor ser3 condenado a muerte.*

*Si el derrumbe causa la muerte del hijo del due1o, se condenar3 a muerte al hijo del constructor.*

*Si el derrumbe destruye la propiedad, tendr3 que pagar todo lo que destruy3.*

#### Situaci3n legal actual

Hoy existen normas y regulaciones que establecen de un modo m3s civilizado la relaci3n del constructor con el comitente. Actualmente el v3nculo con el comitente se establece a partir de un contrato, sea real o impl3cito, que puede ser:

- De locaci3n de obra material o intelectual. Esto es ejecuci3n o proyecto.
- Mandato
- Locaci3n de servicios, que es el asesoramiento

#### **3tica y responsabilidad social**

En primer lugar existe un **contrato social** que es propio de la actividad de la construcci3n y que es independiente de cualquier instituci3n. Qui3n construye est3 brindando un servicio a la humanidad. Por ello deben cuidarse ciertos aspectos:

- Garantizar la seguridad estructural y poblacional
- Mantener la funcionalidad en niveles aceptables
- Minimizar el costo total y mantener el valor del bien en cuesti3n
- Cuidar el aspecto de la construcci3n
- Preservar el medio ambiente

Por otra parte, cuando una instituci3n educativa otorga un t3tulo que habilita a un profesional para construir, el plan de estudios de la carrera debe ser aprobado por el Poder Ejecutivo de la Naci3n, de manera que los aspectos anteriormente citados se encuentren debidamente cubiertos por el aprendizaje durante la carrera.

---

<sup>3</sup> Hammurabi fue el sexto rey de Babilonia. El c3digo tiene 282 leyes que fueron grabadas en piedra, por lo que se encuentran en buen estado de conservaci3n, en el museo del Louvre en Par3s. Se remontan al a1o 1750 a.C.

### **Regulación del ejercicio de la profesión: Agrimensura, Arquitectura e Ingeniería**

En este sentido existe un Decreto Ley desde 1958<sup>4</sup> crea la Junta Central de los Consejos Profesionales de Agrimensura, Arquitectura e Ingeniería y regula el ejercicio profesional de las de las carreras afines a la construcción. Entre sus artículos se citan los siguientes:

**Artículo 1:-** *El ejercicio de la Agrimensura, la Agronomía, la Arquitectura y la Ingeniería, en jurisdicción nacional queda sujeto a la presente ley, las disposiciones complementarias y las normas de ética profesional.* El Código de Ética, que se analiza a continuación.

**Artículo 2:-** *Considérese ejercicio profesional, con las responsabilidades inherentes, toda actividad **remunerada o gratuita** que requiera la capacitación de las Universidades Nacionales y sea propia de los diplomados, tal como (...)* Es decir que, el hecho de que un trabajo sea mal pagado o sea gratuito no implica una reducción de las responsabilidades o una menor calidad de trabajo.

**Artículo 3: -** *El ejercicio profesional deberá llevarse a cabo mediante la **prestación personal** de los servicios.* La prestación de servicios siempre es personal, y una falla que implique pérdida de vidas se considera un delito penal.

**Artículo 26: -***La firma a título oneroso o gratuito, de planos documentos o cualquier otra manifestación escrita que signifique ejercicio de la profesión, sin que el trabajo haya sido ejecutado por el profesional,...constituirá **falta grave** pasible de sanciones:* La prestación de firma constituye una falta grave que puede dar lugar a la cancelación de la matrícula.

- a) Advertencia
- b) Amonestación
- c) Censura Pública
- d) Multa
- e) Suspensión ( 1 mes a 1 año )
- f) **Cancelación de la matrícula**

### **Código de Ética**

A su vez, la Junta Central de los Consejos Profesionales de Agrimensura, Arquitectura e Ingeniería establece un Código de Ética, del cual se destacan los siguientes artículos:

- 1.1. Los Agrimensores, Agrónomos, Arquitectos e **Ingenieros** *en todas las especialidades, están obligados a ajustar su actuación profesional a las disposiciones de este Código.* Alcance
- 1.2 *Deberes del profesional para con la dignidad de la profesión:*
  - 2.1.1.2. **No ejecutar a sabiendas actos reñidos con la buena técnica**, aún cuando pudiere ser en cumplimiento de órdenes de autoridades, mandantes o comitentes. No actuar en contra de la buena técnica
  - 2.1.1.4. **No aceptar la encomienda de tareas que contraríen las leyes y las reglamentaciones en vigor.** No actuar en contra de la ley
  - 2.1.1.7. **No conceder su firma ni a título oneroso o gratuito para autorizar planos, especificaciones, dictámenes** No prestar firma

---

<sup>4</sup> Decreto ley 6070/58, ley 14.467.

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=39013>

informes...que no hayan sido estudiados, ejecutados o controlados personalmente por él.

**2.2.1.2. No difamar ni denigrar a colegas**

No difamar

**2.3.1.1. No ofrecer por medio alguno la prestación de servicios que por cualquier razón sea de muy dudosa o imposible cumplimiento.**

No prometer imposibles

**2.3.1.2. No aceptar en su propio beneficio, comisiones, descuentos, bonificaciones y análogas ofrecidos por proveedores, por contratistas y/o personas interesadas en la ejecución de trabajos.**

No aceptar coimas

**Desarrollo sostenible**

El desarrollo sostenible puede lograrse cuando hay equilibrio entre el medio **social**, el medio **económico** y el medio **ambiente** (ecológico).

El equilibrio entre el medio **social** y el **económico** se logra cuando hay una distribución de la riqueza justa y por lo tanto se consigue la Equidad.

El medio **social** y el medio **ambiente** estarán en equilibrio cuando haya conciencia ambiental, si hay equilibrio se logra la Habitabilidad, que permite una relación soportable.

El medio **ambiente** y el medio **económico**, logran su equilibrio mediante una producción ecológica, lo cual asegura la Viabilidad.

Si este equilibrio es alcanzado, habrá desarrollo humano, desarrollo económico y disponibilidad de recursos, lo cual define al **desarrollo sostenible**.

En el esquema existen dos aspectos fundamentales, el objetivo de la sustentabilidad debe ser mejorar la calidad de vida de las personas y el Desarrollo Sustentable requiere de la participación de todos los actores involucrados, es decir la sociedad en su conjunto.

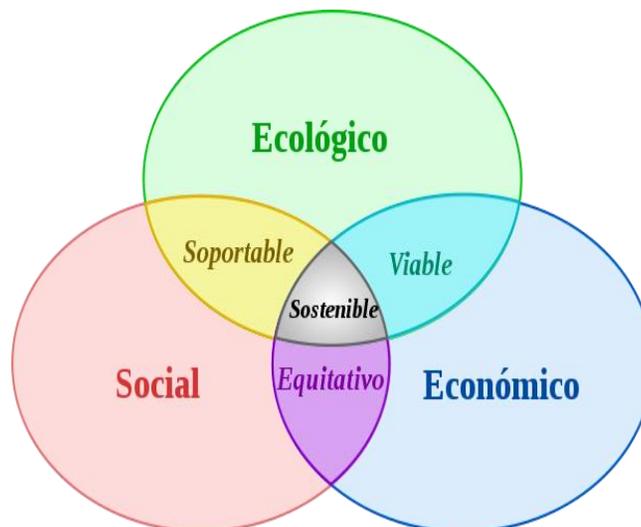


Figura 1. Marco conceptual del desarrollo sostenible

Las deficiencias para alcanzar este equilibrio dan lugar a situaciones no deseadas.

Medio Social	Medio Económico	Medio Ecológico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad</li> <li>• Estética</li> <li>• Salud de la población</li> <li>• Costumbres y cultura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución</li> <li>• Mantenimiento</li> <li>• Financiación</li> <li>• Costo del ciclo de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación</li> <li>• Generación de desechos</li> <li>• Emisiones</li> <li>• Efectos en el cambio climático</li> </ul>

Tabla 1. Implicancias de cada medio

### **Externalidades**

Una externalidad de un proyecto se trata de las actividades que afectan positiva o negativamente a terceros sin que éstos paguen por ello. La ejecución de una obra debe buscar mitigar o compensar las externalidades negativas.

El ingeniero siempre se encontrará en un dilema en el que debe poder encontrar el equilibrio que tienda a la preservación de los recursos y de la calidad de vida de las futuras generaciones.

### **Duración**

Una construcción se proyecta para que cumpla su función durante una cantidad de años, que pueden variar entre 50, 100 y 150 años. Sin embargo hay todavía en pie construcciones que tienen más de 2000 años.

Las nuevas tecnologías y materiales dan lugar a geometrías más esbeltas y técnicas más veloces o resistentes.

Entre las nuevas tecnologías se puede mencionar la inclusión de la robótica al servicio de la construcción, la impresión 3D o la implementación de la ayuda a través de drones.

Como materiales nuevos y en desarrollo al servicio de la construcción se pueden mencionar los hormigones de alta performance, hormigones con fibras, hormigones reciclados, hormigones con barras de fibra de carbono, hormigones de alta durabilidad o plásticos.

### **Etapas de una construcción**

Las etapas por las que atraviesa una construcción son las siguientes:

1. Concepción
2. Diseño
3. Construcción
4. Mantenimiento y utilización
5. Demolición

Esta presentación detallará la etapa de la construcción propiamente dicha, es decir, la etapa de obra.

### **Construcción (etapa de obra)**

#### **Seguridad**

Para hablar sobre obra antes se debe hablar sobre seguridad. Tan importante como que la obra se ajuste al proyecto, sea realizada en tiempo y forma y sea económicamente viable, es preservar la integridad de los trabajadores. Para ello muchas veces es necesario instruir y recordar las buenas prácticas y proveerlos del equipamiento necesario. Los elementos de protección personal deben ser suficientes para los operarios y debe chequearse que sean correctamente utilizados.

### **Demolición**

En una zona urbanizada, donde se desea realizar una construcción nueva o una remodelación en un predio donde ya existe una edificación, la etapa de demolición total o parcial será previa a la construcción de la edificación nueva.

La demolición es muchas veces una etapa de la misma o similar complejidad que la ejecución de la obra nueva. Si la demolición es total es necesario identificar la estructura y el camino de cargas para establecer el orden de demolición. Si la demolición es parcial, entonces se debe establecer en qué medida podrá utilizarse la parte no demolida frente al cambio de uso y proyectar los ajustes necesarios.

### **Obrador**

Previo al comienzo de cualquier tarea, para comenzar los trabajos en obra, es necesario instalar el obrador.

Se llama **obrador** a todas las instalaciones provisorias destinadas a dar servicio durante la construcción de una obra. El obrador puede incluir las siguientes instalaciones:

- Baños y vestuarios
- Comedor
- Oficina técnica
- Pañol de herramientas
- Depósito
- Zona de acopio de materiales

El tamaño, alcance y distribución del obrador depende de las necesidades de la obra y de la disponibilidad del espacio, que va variando conforme la obra avanza. Debe ser proyectado, construido y/o adaptado para cada etapa de avance.

### **Replanteo**

Una de las primeras tareas en el terreno donde se realizará la obra, es la de identificar elementos que sirvan como referencia para establecer un nexo entre el proyecto y la construcción. Para ello se señalan en los planos al menos un par de ejes de referencia, comúnmente ortogonales, llamados **ejes de replanteo**, que son los que se materializan en obra y en desde los cuales se toman las medidas de cada elemento de la construcción.



Figura 2. Ejes de replanteo

### Instrumentos de medición

Para ubicar con precisión estos ejes en obra es necesaria la utilización de instrumentos de medición.

Manuales	Ópticos o asistidos	Elementos auxiliares
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta métrica,</li> <li>• Plomada,</li> <li>• Escuadra,</li> <li>• Nivel de manguera,</li> <li>• Nivel de burbuja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plomada óptica</li> <li>• Teodolito</li> <li>• Distanciómetro</li> <li>• Equialtímetro</li> <li>• Estación total</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalones,</li> <li>• Miras,</li> <li>• Estacas,</li> <li>• Fichas</li> </ul>

Tabla 2. Instrumentos de medición

### Relevamiento

Los instrumentos de medición también son utilizados para las tareas de relevamiento. El **relevamiento** es una descripción técnica de lo existente. Se trata de tomar nota de la geometría y distancias entre los elementos y realizar un plano con estos datos. Puede ser necesario un relevamiento para la etapa de proyecto o bien luego de la demolición.

### Fundaciones

Las fundaciones o cimientos son los elementos estructurales por medio de los cuales la estructura se apoya en el suelo.

Existen diferentes tipos de fundaciones, que dependen del tipo y capacidad portante del suelo, del tipo de estructura y de las condiciones de borde.

#### Fundaciones superficiales

Cuando la capacidad portante del suelo es suficiente, se puede apoyar la estructura justo debajo del nivel más bajo de la misma. A este tipo de fundación se le llama superficial. Dentro de las fundaciones superficiales se encuentran las bases aisladas, las zapatas corridas y las plateas.

Las **bases aisladas** son un ensanchamiento de la columna de modo de que la carga que viaja por las mismas sea distribuida en un área mayor de suelo. Son adecuadas cuando la superficie necesaria para distribuir la carga de las columnas en el suelo no es lo suficientemente grande como para que las bases de columnas vecinas se unan.

Las **zapatas corridas** tienen una forma parecida a las bases aisladas pero se encuentran debajo de elementos lineales, como muros. Son adecuadas en edificaciones con muros portantes por ejemplo.

Las **plateas** son elementos superficiales como losas de mayor espesor que distribuyen la carga proveniente de las columnas en toda la superficie bajo el edificio. Pueden utilizarse cuando la carga en las diferentes columnas no es muy dispar. De lo contrario puede utilizarse en conjunto con pilotes.

### **Fundaciones profundas**

Cuando la capacidad portante del suelo inmediatamente debajo del edificio no es suficiente para soportar las cargas del mismo, es necesario llegar al estrato resistente. Esto se mediante **pilotes**, que son elementos verticales como columnas y trabajan confinados en el suelo. Los pilotes pueden ser **excavados** y hormigonados in situ o puede tratarse de pilotes premoldeados que deben ser **hincados** a golpes.

### **Submuración**

Si se trata de un edificio entre medianeras y el nuevo edificio tiene un subsuelo de mayor profundidad que las fundaciones de los edificios linderos, es necesario realizar una **submuración**, que se trata de realizar una fundación del edificio nuevo, garantizando el apoyo del edificio vecino. Para ello se utiliza la técnica de ejecutar de a paños la excavación del suelo donde se apoya el edificio vecino, realizar la fundación correspondiente sobre ese paño y luego avanzar con los paños subsiguientes.

La etapa de excavación es la más comprometida de la obra.

### **Encofrados y apuntalamientos**

El **encofrado** es el molde sobre el que se cuele el hormigón en estado fresco, que se utiliza para darle la forma a la estructura. El encofrado debe ser lo suficientemente resistente como para soportar la carga de la presión del hormigón, tanto lateral como la vertical. Para colaborar con el molde, en esta etapa en la que el hormigón no puede soportar su peso propio, se utilizan **apuntalamientos**, que son elementos provisorios verticales o inclinados que soportan esfuerzos de compresión.

Los encofrados suelen ser de madera, utilizando tablas para los arriostramientos o elementos resistentes y fenólicos aglomerados para dar superficies planas. También hay encofrados metálicos modulares que son útiles en estructuras repetitivas. Su superficie en contacto con el hormigón puede ser pintada con aceite para facilitar el desencofrado. Existen empresas que ofrecen soluciones exclusivamente para encofrados.

### **Armaduras**

Las barras de acero que deben colocarse dentro del hormigón para soportar los esfuerzos de tracción se llaman **armaduras**. Forman el "esqueleto" del elemento estructural. El hormigón con armadura se llama **hormigón armado**. La forma y disposición de las armaduras se encuentra detallado para cada elemento estructural en planos y planillas, debidamente identificada cada posición. Las barras de acero pueden doblarse en obra o comprarse ya dobladas al fabricante.

Es necesario prever un espacio adecuado para el acopio, si la elección es la compra de barras dobladas, o bien prever el banco de doblado para hacer ese trabajo en obra.

Para los elementos superficiales, como losas o tabiques, muchas veces la solución más adecuada de armadura es una malla, que puede comprarse ya electrosoldada. En el caso de elementos longitudinales, vigas o columnas, las barras suelen ser de mayor diámetro y se distinguen las **armaduras longitudinales**, paralelas al eje del elemento estructural, y los **estribos**, que son las armaduras que abrazan a las anteriores.

Deben utilizarse separadores entre la armadura y el encofrado que garanticen el suficiente recubrimiento de mortero de hormigón para que el acero no se encuentre expuesto a la intemperie y consiguiente corrosión.

### **Elaboración y transporte del hormigón**

Dependiendo de la envergadura de la obra, de la ubicación y disposición de la misma y de su relación con la planta hormigonera más cercana, a veces es conveniente montar una planta de elaboración de hormigón especialmente para la obra. En ese caso el sitio necesario para el obrador será mucho más amplio.

Si la planta se encuentra en el mismo predio de la obra, el transporte del hormigón puede hacerse mediante tolvas y grúas. Si en cambio se encuentra a cierta distancia, es necesario realizar el transporte con camiones moto hormigoneros (mixer). Si se opta por la alternativa del hormigón elaborado industrialmente se deberá transportar hasta el sitio de la obra, tomando las precauciones de tiempo de transporte.

En cualquiera de los casos es necesario realizar un **control de recepción**. Esto significa tomar muestras del hormigón para un chequeo de las propiedades en estado fresco (asentamiento, temperatura) y para conservar probetas debidamente curadas y realizar ensayos corroborativos en estado endurecido.

### **Colocación y curado**

Previo a colar el hormigón es recomendable lavar los encofrados para retirar las impurezas y humedecer las superficies.

El hormigón se debe colar con la manguera muy cercana o sumergida en el volumen de hormigón para evitar que el golpe tienda a que el agregado grueso (piedras) se vaya al fondo. Este defecto se llama segregación.

También es importante evitar que queden oquedades entre las barras de armadura y el encofrado. Esto se resuelve mediante el vibrado, sin embargo no debe abusarse del mismo ya que también en este caso existe peligro de segregación.

Otra precaución que debe tomarse es evitar pisar las armaduras superiores para no deformarlas previo al hormigonado.

### **Curado**

La resistencia última del hormigón está íntimamente relacionada con la relación agua cemento. La reacción de fraguado es exotérmica, con lo cual debe cuidarse que las superficies estén suficientemente humedecidas para controlar la temperatura que acelera el fraguado y la evaporación del agua. La falta de agua en superficies produce una retracción del hormigón que da lugar a fisuras. El curado debe ser continuo y como mínimo de 7 días.

### **Desencofrado**

El desencofrado debe realizarse cuando el hormigón adquiere la resistencia suficiente para soportar su peso propio. Es diferente para laterales que soportan el empuje horizontal, que para fondos que soportan carga vertical.

### **Prefabricados y construcción industrializada**

Para cierto tipo de obras la alternativa de hormigonado "in situ" no es la más adecuada. En cambio se opta por utilizar piezas de hormigón que han sido confeccionadas en una planta, bajo ciertos controles de calidad, llamado **prefabricado**. Existen ventajas y desventajas, a saber:

	Hormigón prefabricado (frente al Hº "in situ")
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Necesidad de transporte (costo)</li><li>• Necesidad de grúas (costo)</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estructuras no monolíticas</li></ul>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rapidez de ejecución</li><li>• Control de calidad</li><li>• Trabajo en planta sin condicionamiento climático</li><li>• Economía de materiales</li></ul>
Tabla 3.	Ventajas y desventajas de la prefabricación

### Perspectivas para las construcciones

Compatibilizar los opuestos, armonizarlos, optimizarlos,.. ese es el gran desafío que tenemos los ingenieros.

Hijas de Zeus, las tres diosas griegas de la **alegría**, el **encanto** y la **belleza**. Se creía que tenían la capacidad de dotar a los hombres de la genialidad necesaria para ser un excepcional artista. Las Gracias presidían todas las actividades placenteras, en definitiva, todo aquello que en el mundo pudiera haber de agradable, interesante y atractivo.

LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y EL ARTE DE CONSTRUIR son para nosotros las tres gracias.