

UNLaR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA RIOJA

DPTO. DE CIENCIAS APLICADAS A LA PRODUCCIÓN, AMBIENTE Y URBANISMO

# INTRODUCCION A LA INGENIERIA CIVIL

## UNIDAD Nº 4: INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES EN INGENIERÍA CIVI

# UNIDAD Nº 4: INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES EN INGENIERÍA CIVIL

## 4.1 Fundamentos y Caracterización de los Materiales de Construcción:

Historia, origen, procesos de obtención y/o fabricación, ensayos tecnológicos de laboratorio, comercialización, unidades de medida y precios de mercado de los materiales de obra.

## 4.2 Clasificación Tipológica de Materiales:

- **LIGANTES:** Cemento (distintos tipos y categorías), cales (aéreas e hidráulicas), cemento de albañilería, yeso y aditivos para hormigón.
- **ÁRIDOS:** Arenas (finas, medianas, gruesas), granzas, grancillas, canto rodado, piedra bola, áridos triturados de cantera.
- **ACEROS:** Aceros para hormigón armado (barras conformadas, mallas), perfiles estructurales, aceros para estructuras metálicas.
- **MADERAS:** Maderas para encofrados (calidades, escuadrías, durabilidad), maderas para estructuras permanentes y cubiertas.
- **MAMPUESTOS:** Ladrillo común macizo, ladrillos huecos cerámicos, bloques cementicios de hormigón, bloques de hormigón celular curado en autoclave (HCCA).
- **SOLADOS:** Mosaico granítico natural, mosaico granítico reconstituido, mosaico calcáreo, baldosas cerámicas esmaltadas, porcelanatos, piedras naturales.
- **REVESTIMIENTOS:** Azulejos, cerámicos, penta gres, símil piedra, piedras naturales, empapelados, revestimientos plásticos y de ladrillo visto.
- **CUBIERTAS DE TECHOS:** Membranas asfálticas y sintéticas, tejas cerámicas y de hormigón, chapas metálicas continuas, aislamientos térmicos e hidrófugos.

# 4.1 Fundamentos de los materiales de construcción

Un material de construcción es toda materia natural, artificial o transformada que se incorpora de manera temporal o permanente a una obra. Su aptitud no depende de una propiedad aislada: surge del equilibrio entre:

resistencia,
deformabilidad,
durabilidad,
seguridad,
trabajabilidad,
disponibilidad,
impacto ambiental
y costo.



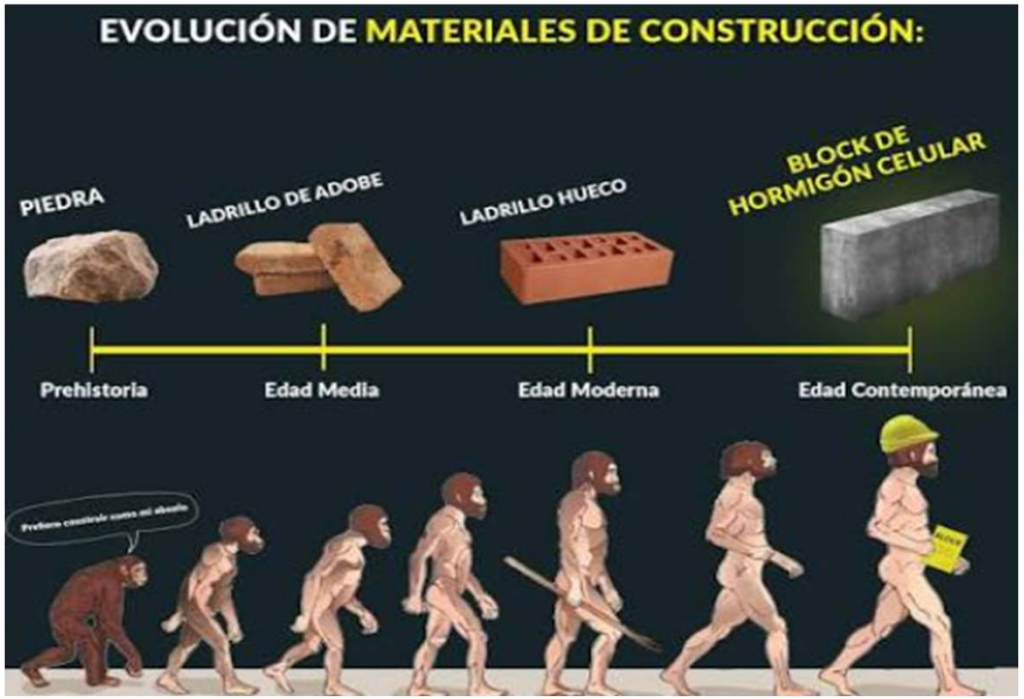
# Historia y evolución tecnológica

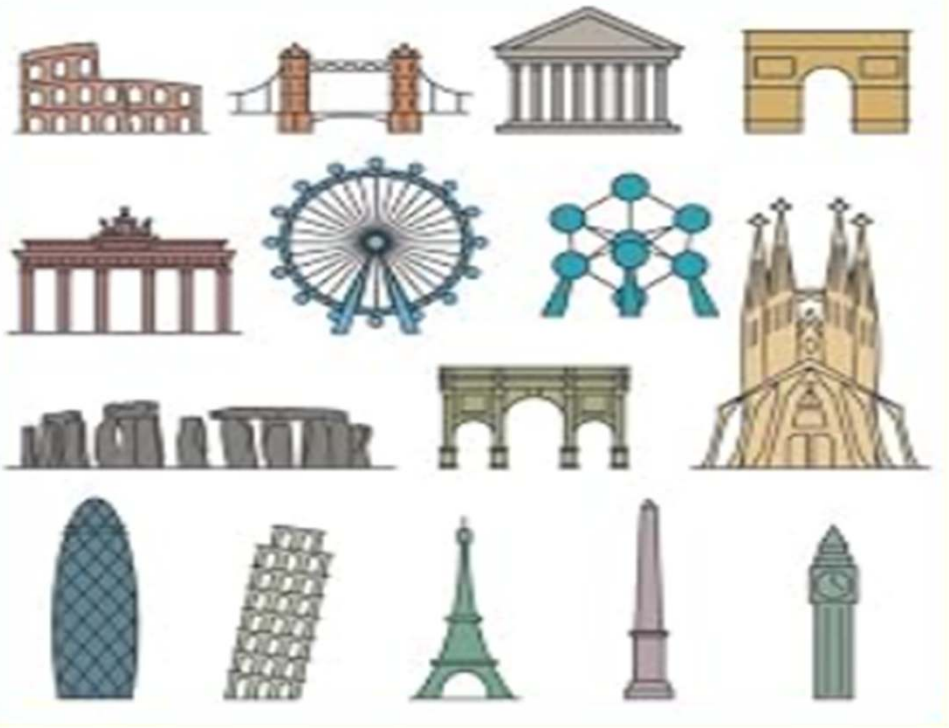
Las primeras construcciones utilizaron materiales disponibles localmente: piedra, tierra, fibras y madera. La cocción permitió obtener cerámicos y cales.

La Revolución Industrial introdujo producción masiva de hierro, acero, vidrio y cementos modernos.

Durante el siglo XX se consolidaron el hormigón armado, las estructuras metálicas soldadas, los polímeros y los productos industrializados.

En la actualidad se agrega un criterio decisivo: desempeño durante todo el ciclo de vida, incluyendo energía incorporada, mantenimiento, reutilización y reciclaje.



# Origen según procedencia



| Grupo | Ejemplos | Idea central |
|---|---|---|
| **Naturales** | Piedra, arena, grava, madera | Se extraen y acondicionan; conservan gran parte de su estructura natural. |
| **Artificiales minerales** | Cemento, cal, yeso, ladrillos, vidrio | Se obtienen por transformación térmica, trituración, molienda, cocción o reacción química. |
| **Metálicos** | Acero, aluminio, zinc | Se producen por procesos metalúrgicos y posteriores conformados. |
| **Orgánicos/sintéticos** | PVC, EPS, XPS, membranas | Derivan de polímeros; se valoran por bajo peso, aislamiento o impermeabilidad. |
| **Compuestos** | Hormigón armado, HCCA, laminados | Combinan fases con funciones complementarias. |

# Ciclo tecnológico

El **análisis del ciclo de vida** —ACV— es una metodología normalizada que permite evaluar las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales asociados a un producto, proceso o sistema a lo largo de su ciclo de vida. De acuerdo con las normas ISO 14040 e ISO 14044, el análisis comprende la definición del objetivo y el alcance, la elaboración del inventario, la evaluación de impactos y la interpretación de los resultados.

En el **ámbito de la construcción**, la norma UNE-EN 15804 establece las reglas básicas para elaborar las Declaraciones Ambientales de Producto —DAP— y organiza la información ambiental de los productos de construcción mediante módulos que abarcan su fabricación, puesta en obra, uso y final de vida.

- Obtención de materias primas.
- Preparación y transformación industrial.
- Control de producción y certificación.
- Transporte y almacenamiento.
- Puesta en obra y control de ejecución.
- Servicio, mantenimiento y reparación.
- Fin de vida: reutilización, reciclado o disposición final.



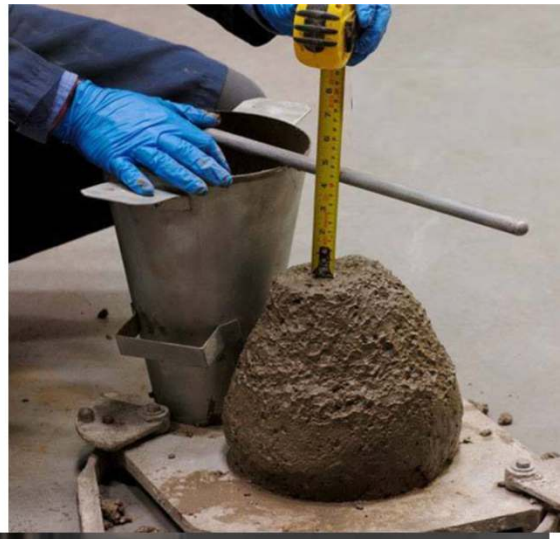
## Caracterización: propiedades que deben conocerse

Caracterizar significa medir propiedades relevantes con métodos reproducibles. Una especificación técnica debe indicar qué propiedad interesa, cómo se ensaya, cuál es la unidad y qué criterio de aceptación se aplica.

| Tipo de propiedad | Variables típicas | Importancia |
|---|---|---|
| **Físicas** | Densidad, porosidad, absorción, humedad, granulometría | Peso propio, transporte, permeabilidad, adherencia y durabilidad. |
| **Mecánicas** | Compresión, tracción, flexión, dureza, módulo elástico | Capacidad resistente y deformaciones. |
| **Térmicas** | Conductividad, calor específico, dilatación | Confort, puentes térmicos, movimientos por temperatura. |
| **Hídricas** | Capilaridad, permeabilidad, absorción | Patologías por humedad y pérdida de prestaciones. |
| **Químicas** | pH, resistencia a sulfatos, cloruros, corrosión | Compatibilidad y durabilidad frente al ambiente. |
| **Tecnológicas** | Trabajabilidad, fraguado, soldabilidad, mecanizado | Facilidad y seguridad de ejecución. |
| **Durabilidad** | Heladicidad, abrasión, carbonatación, UV | Vida útil y mantenimiento. |

## Ensayos tecnológicos de laboratorio y control

El ensayo transforma una propiedad en un dato comparable. Para que el resultado sea útil deben controlarse el muestreo, acondicionamiento, dimensiones de probeta, equipo, velocidad de aplicación de carga, temperatura y procedimiento de cálculo.



### Secuencia de control

- Definir lote y plan de muestreo.
- Tomar una muestra representativa y correctamente identificada.
- Preparar/acondicionar probetas.
- Aplicar el método normalizado.
- Registrar resultados y su incertidumbre o dispersión.
- Comparar con especificación y decidir aceptación, rechazo o verificación adicional.



En Argentina, INTI realiza ensayos de productos de construcción y certificación de cementos. En tecnología del hormigón se controlan, entre otros, granulometría y humedad de agregados, consistencia, temperatura, aire y resistencias mecánicas.

| Material | Ensayos frecuentes |
|---|---|
| **Cementos** | Finura, consistencia normal, tiempo de fraguado, expansión, resistencias mecánicas. |
| **Áridos** | Granulometría, material fino, humedad, densidad, absorción, desgaste, forma. |
| **Hormigón fresco** | Asentamiento, temperatura, aire, masa unitaria, muestreo. |
| **Hormigón endurecido** | Compresión, tracción indirecta, flexión, permeabilidad y durabilidad. |
| **Aceros** | Tracción, límite de fluencia, alargamiento, doblado, composición y soldabilidad. |
| **Maderas** | Humedad, densidad, flexión, compresión, defectos, preservación. |
| **Cerámicos/mampuestos** | Dimensiones, absorción, resistencia, eflorescencias, succión. |
| **Solados** | Abrasión, absorción, resistencia a flexión, deslizamiento, choque térmico. |





# Comercialización, unidades y precios de mercado

El precio de un material debe compararse con su unidad comercial real y con el rendimiento en obra. Dos productos con distinto precio unitario pueden invertir su conveniencia cuando se consideran desperdicio, mano de obra, transporte, adhesivos, protección superficial y mantenimiento.

| Material | Unidad de compra habitual | Variable de costo |
|---|---|---|
| **Cemento/cal/yeso** | Bolsa (kg) o tonelada | Marca, tipo, distancia, volumen de compra. |
| **Arena/granza/piedra** | $m^3$ o tonelada | Origen, granulometría, flete y humedad. |
| **Acero barras** | kg, tonelada, barra | Diámetro, calidad, largo y cotización siderúrgica. |
| **Malla electrosoldada** | Panel o $m^2$ | Diámetro, separación y dimensiones. |
| **Madera** | $m^3$, $pie^2$, metro lineal, pieza | Especie, sección, calidad, secado y tratamiento. |
| **Ladrillos/bloques** | Unidad, pallet, millar | Formato, resistencia, fábrica y flete. |
| **Cerámicos/porcelanato** | $m^2$ por caja | Formato, calidad, diseño y origen. |
| **Membranas** | Rollo / $m^2$ | Espesor, armadura, terminación y garantía. |
| **Chapas** | $m^2$, metro lineal o unidad | Espesor, recubrimiento, perfil y largo. |





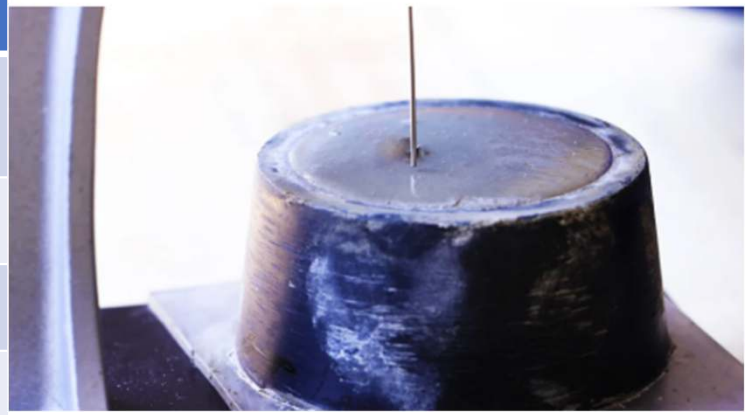

## 4.2 LIGANTES

Los ligantes son materiales capaces de unir partículas y desarrollar cohesión. Los ligantes hidráulicos fraguan y endurecen por reacción con agua incluso en ambientes húmedos; los aéreos necesitan principalmente el aire para completar su endurecimiento.

### Cemento: categorías, ensayos y recepción

Las categorías resistentes se vinculan con resistencias mecánicas normalizadas a edades definidas. En obra, la identificación debe verificarse en envase o documentación del fabricante. No deben mezclarse cementos de distinta procedencia sin evaluación previa.

| Ensayo | Qué informa |
|---|---|
| **Finura** | Velocidad potencial de hidratación y superficie específica. |
| **Consistencia normal** | Cantidad de agua para una pasta de referencia. |
| **Tiempo de fraguado** | Inicio y fin de pérdida de plasticidad. |
| **Expansión/estabilidad** | Riesgo de cambios volumétricos indeseados. |
| **Resistencia mecánica** | Desarrollo resistente del cemento en mortero normalizado. |
| **Calor de hidratación** | Relevante en elementos masivos o con control térmico. |



# Cemento Portland: fabricación

•Extracción y trituración de calizas y materiales arcillosos.
•Dosificación y molienda del crudo.
•Precalentamiento y cocción en horno rotatorio, donde se forma clinker.
•Enfriamiento rápido del clinker.
•Molienda conjunta con yeso regulador de fraguado y, según tipo, adiciones minerales.
•Almacenamiento, ensilado, despacho a granel o embolsado.



# Tipos de uso general según IRAM 50000

Además existen cementos con propiedades especiales, seleccionados cuando el proyecto exige resistencia a sulfatos, bajo calor de hidratación, alta resistencia inicial u otras prestaciones. La elección debe responder a exposición, temperatura, velocidad de obra y durabilidad, no sólo a resistencia nominal

| Sigla | Denominación | Rasgo |
|---|---|---|
| CPN | Cemento Portland Normal | Clinker + regulador de fraguado; referencia de uso general. |
| CPF | Portland con filler calcáreo | Incluye material calcáreo; buena trabajabilidad. |
| CPE | Portland con escoria | Incorpora escoria; puede mejorar durabilidad. |
| CPC | Portland compuesto | Combina dos o más adiciones principales. |
| CPP | Portland puzolánico | Incluye puzolanas; favorable en ciertos ambientes agresivos. |
| CAH | Cemento de alto horno | Alta proporción de escoria de alto horno. |



## Cales

La cal se obtiene por calcinación de rocas calcáreas. La cal aérea procede de calizas relativamente puras; el óxido de calcio se hidrata y luego endurece principalmente por carbonatación con $CO_2$ del aire. La cal hidráulica contiene componentes que permiten reacciones hidráulicas y puede endurecer con mayor independencia del aire.

| Tipo | Ventajas | Usos típicos |
|---|---|---|
| **Cal aérea** | Plasticidad, retención de agua, trabajabilidad | Revoques y morteros tradicionales; restauración. |
| **Cal hidráulica** | Mayor resistencia inicial y comportamiento en humedad | Morteros, revoques y aplicaciones específicas. |
| **Cal hidratada comercial** | Dosificación simple y segura | Morteros mixtos, mampostería y revoques. |






Cal aerea: Reacciona exclusivamente con el dióxido de carbono ($CO_2$) del aire mediante un proceso llamado carbonatación. No puede endurecer bajo el agua o en condiciones de humedad extrema.

*cal hidráulica* (la cual sí puede fraguar y endurecer bajo el agua o en ambientes muy húmedos debido a las arcillas de su composición

Almacenamiento: cemento, cal y yeso deben mantenerse secos, elevados del piso y protegidos de humedad. Los terrones duros, envases mojados o material parcialmente hidratado indican deterioro.

# Cemento de albañilería, yeso y aditivos

## Cemento de albañilería




Es un ligante formulado para morteros de asiento y revoques, diseñado para brindar plasticidad, retención de agua y facilidad de trabajo. No debe confundirse con un cemento estructural ni emplearse automáticamente en hormigones resistentes. La selección debe respetar la ficha técnica y el uso previsto.

## Yeso

Se obtiene por deshidratación parcial de piedra de yeso (sulfato de calcio hidratado), seguida de molienda. Al mezclarse con agua rehidrata y fragua con rapidez. Presenta buena terminación, comportamiento al fuego y facilidad de moldeo, pero debe protegerse de exposición prolongada al agua.




- Usos: enlucidos interiores, placas, cielorrasos, molduras y prefabricados.
- Controles: finura, tiempo de fraguado, resistencia y estabilidad dimensional.
- Error típico: aplicar sobre sustratos húmedos o incompatibles sin preparación.

## Aditivos para hormigón

La dosis debe expresarse según fabricante, normalmente en relación con la masa de material cementicio. La sobredosificación puede alterar fraguado, aire, resistencia o estabilidad; por ello requiere ensayos previos de compatibilidad.

| Familia | Función principal |
|---|---|
| | |
| **Reductores de agua / plastificantes** | Mejorar trabajabilidad o reducir relación agua/cemento. |
| **Superplastificantes** | Gran reducción de agua; hormigones fluidos o de alta prestación. |
| **Retardadores** | Demorar fraguado; útiles con temperatura elevada o transporte largo. |
| **Acelerantes** | Aumentar velocidad de fraguado o resistencia inicial, según producto. |
| **Incorporadores de aire** | Generar microburbujas estables; mejora frente a ciclos hielo-deshielo. |
| **Modificadores de viscosidad** | Mejorar cohesión y reducir segregación. |
| **Hidrófugos / especiales** | Disminuir absorción o aportar prestaciones específicas. |









# ÁRIDOS · origen, clasificación y granulometría

Los áridos o agregados forman el esqueleto granular de morteros y hormigones. Ocupan la mayor parte del volumen, por lo que su granulometría, forma, textura, limpieza y resistencia influyen directamente en trabajabilidad, consumo de pasta, retracción y durabilidad.

| Material | Descripción / uso |
|---|---|
| **Arena fina** | Predominio de fracciones pequeñas; revoques finos y morteros específicos. |
| **Arena mediana** | Uso general en morteros y hormigones según curva granulométrica. |
| **Arena gruesa** | Mayor tamaño; puede reducir demanda de pasta si se combina bien. |
| **Grancilla / granza** | Agregado grueso pequeño/intermedio, frecuente en hormigones y contrapisos. |
| **Canto rodado** | Partículas redondeadas de origen aluvial; buena trabajabilidad. |
| **Piedra bola** | Fracción gruesa redondeada; usos drenantes, paisajísticos o seleccionados. |
| **Triturado de cantera** | Partículas angulosas; buena intertrabazón, mayor demanda de pasta. |





Granza y grancilla



RIPIO O GRAVA



## Granulometría

Se determina mediante tamices normalizados. Una distribución continua y bien combinada disminuye vacíos y permite reducir la cantidad de pasta necesaria. No existe una “mejor arena” universal: la aptitud depende del uso y de la combinación con el resto de los componentes.







## Propiedades clave

- Tamaño máximo nominal y distribución granulométrica.
- Forma y textura superficial.
- Densidad y absorción.
- Contenido de humedad: modifica el agua efectiva de amasado.
- Material pulverulento, arcillas, sales y materia orgánica.
- Resistencia al desgaste y durabilidad de la roca de origen.

# Áridos · ensayos, almacenamiento y errores frecuentes

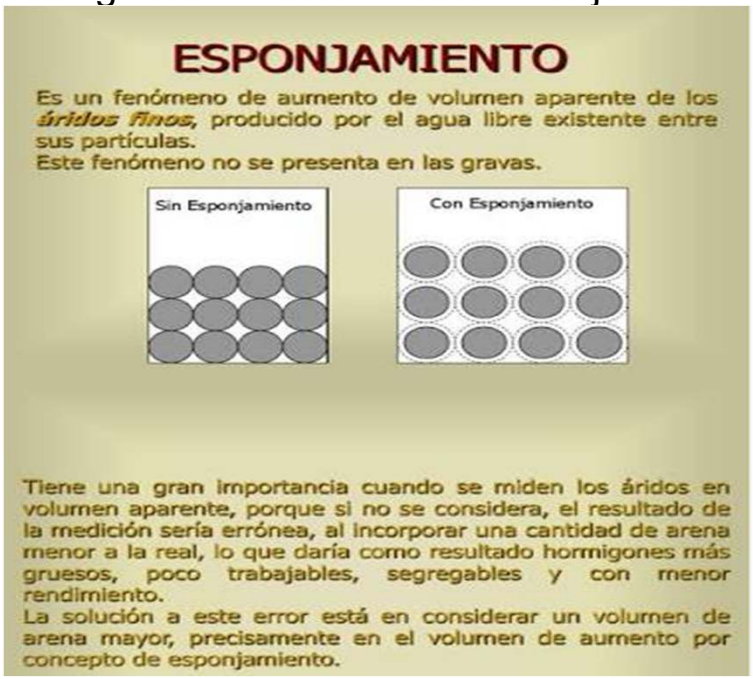
| Ensayo | Objetivo |
|---|---|
| **Tamizado** | Obtener curva granulométrica y módulos de finura. |
| **Humedad** | Corregir agua de amasado y masa de agregado dosificada. |
| **Absorción** | Estimar agua que penetra en poros y condición saturada superficie seca. |
| **Densidad relativa** | Cálculos volumétricos y dosificación. |
| **Material fino / lavado** | Detectar exceso de polvo o partículas que afectan adherencia. |
| **Desgaste/fragmentación** | Evaluar resistencia de agregado grueso a acciones mecánicas. |
| **Reactividad potencial** | Valorar riesgo de reacciones perjudiciales con álcalis del cemento. |






## Humedad y esponjamiento de arenas

Una arena húmeda puede ocupar mayor volumen aparente que seca debido al esponjamiento. Por eso la dosificación volumétrica sin corrección introduce errores. En hormigón controlado se trabaja preferentemente por masa y se ajusta el agua según humedad real.




## Acopio en obra

- Separar fracciones y evitar mezcla con suelo, residuos o vegetación.
- Disponer sobre superficie firme y drenada.
- Evitar segregación por descarga desde gran altura.
- Controlar humedad después de lluvias.
- No aceptar material con contaminación visible sin evaluación.

## Comercialización

Se vende por m³ o tonelada. El flete suele representar una fracción importante del costo, por lo que la cercanía de cantera o planta influye mucho. Para comparar precios por m³ y tonelada se necesita conocer densidad aparente y condición de humedad.

# ACEROS · fundamentos y acero para hormigón armado

El acero es una aleación de hierro y carbono con elementos de ajuste. Su ventaja estructural es la alta resistencia y ductilidad. En hormigón armado, el acero absorbe principalmente tracciones mientras el hormigón aporta compresión, protección física y, gracias a la alcalinidad, protección frente a corrosión mientras se conserve un ambiente pasivante.



## Barras conformadas

Las barras presentan nervaduras que aumentan adherencia mecánica con el hormigón. Se identifican por diámetro nominal, calidad resistente, marca y longitud comercial. El diseño y doblado deben respetar diámetros mínimos y evitar calentamientos o prácticas que dañen el acero.



## Mallas electrosoldadas

Se forman por barras o alambres dispuestos ortogonalmente y unidos por soldadura. Permiten rapidez de colocación y separación controlada; se emplean en losas, pavimentos, tabiques y elementos prefabricados según cálculo.



| Propiedad | Significado |
|---|---|
| **Límite de fluencia** | Tensión a partir de la cual aparecen deformaciones plásticas importantes. |
| **Resistencia a tracción** | Máxima tensión alcanzada en ensayo. |
| **Alargamiento** | Indicador de ductilidad antes de rotura. |
| **Adherencia** | Capacidad de transmitir esfuerzos entre acero y hormigón. |
| **Soldabilidad** | Aptitud para soldar sin fragilizar; depende de composición y procedimiento. |







Corrosión: requiere presencia de humedad y oxígeno cuando se pierde o debilita la pasivación, por ejemplo por carbonatación o ingreso de cloruros. El recubrimiento adecuado, hormigón poco permeable y correcta ejecución son esenciales.

# Aceros para estructuras metálicas y perfiles

Las estructuras metálicas se resuelven con perfiles laminados, perfiles conformados en frío, chapas y elementos tubulares. Su fabricación industrial favorece precisión y rapidez, pero exige control de uniones, corrosión, estabilidad y protección contra incendio cuando corresponde

| Producto | Sección / forma | Usos |
|---|---|---|
| **Perfiles I/H** | Alas y alma | Vigas y columnas. |
| **Canales U/C** | Sección abierta | Vigas secundarias, dinteles, estructuras livianas. |
| **Ángulos L** | Una o dos alas iguales/desiguales | Reticulados, arriostramientos, uniones. |
| **Tubos** | Circulares, cuadrados, rectangulares | Columnas, cerchas, arquitectura expuesta. |
| **Chapas** | Planas o conformadas | Placas de unión, cubiertas, almas, cerramientos. |
| **Perfiles conformados en frío** | C, Z y otros | Estructuras livianas y correas. |



# Ensayos y control

- Certificados de calidad y trazabilidad por lote.
- Ensayo de tracción y composición química cuando la especificación lo exige.
- Control dimensional, rectitud y defectos superficiales.
- Inspección de soldaduras: visual y, según criticidad, ensayos no destructivos.
- Control de bulones, torque o pretensado cuando corresponda.
- Espesor y continuidad de recubrimientos anticorrosivos.

## Ensayos Mecánicos Fundamentales

| Ensayo principal | Propiedad evaluada | Objetivo principal |
|---|---|---|
| **Tracción** | Límite de fluencia y resistencia | Medir la tensión máxima, el esfuerzo de fluencia y el alargamiento antes de la rotura. |
| **Dureza** | Resistencia superficial | Evaluar la oposición del metal frente a la deformación plástica local y el desgaste. |
| **Impacto (Charpy)** | Tenacidad | Determinar la fragilidad del acero ante cargas dinámicas o a bajas temperaturas. |
| **Doblado** | Ductilidad | Verificar la capacidad del perfil o placa para deformarse a grandes ángulos sin agrietarse. |



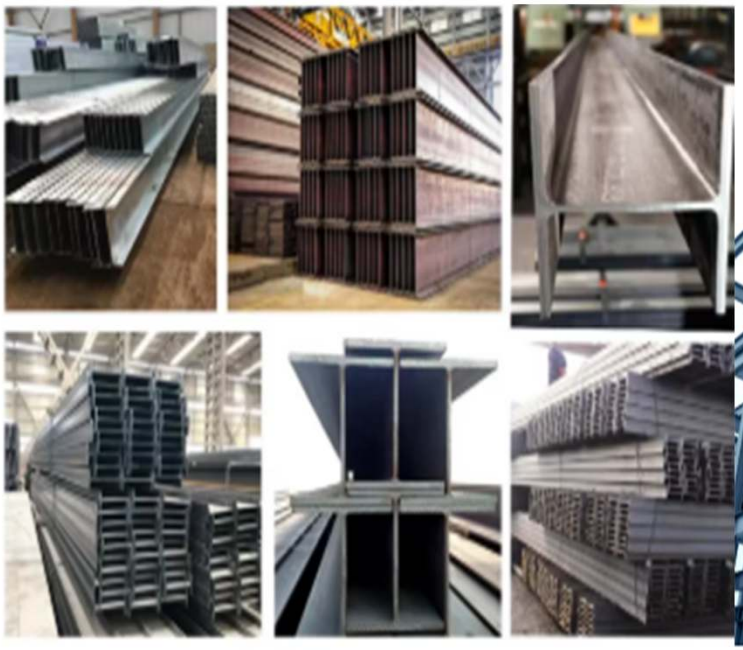
# Comercialización

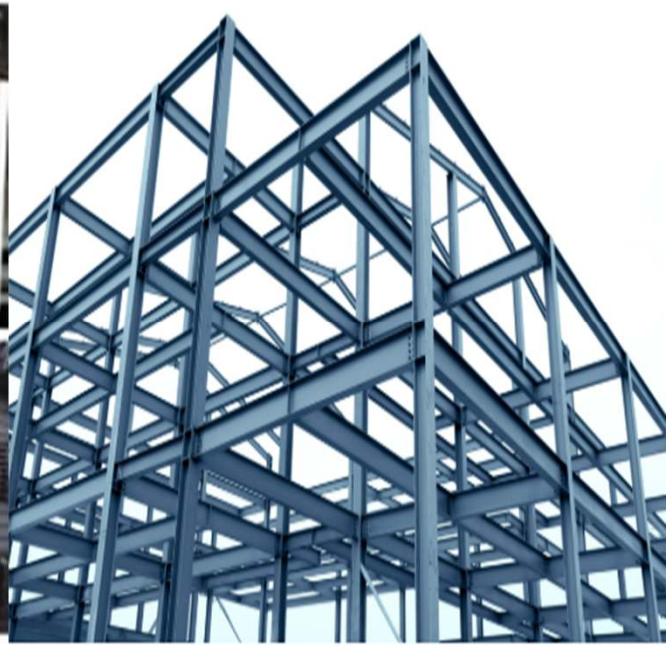
Se cotiza principalmente por kilogramo o tonelada, aunque perfiles y chapas también se ofrecen por pieza. Para presupuestar se convierte la geometría a peso teórico, se suman pérdidas de corte, placas, bulones, soldadura, pintura, transporte y montaje.

Referencia reglamentaria: para estructuras de acero en Argentina se utilizan reglamentos CIRSOC del Área 300; la aplicación concreta depende de la jurisdicción y del tipo de obra.

La comercialización de **aceros para estructuras metálicas** se centra en la provisión de perfiles, chapas y tubos de alta resistencia estructural (principalmente bajo normas **ASTM A36** o **IRAM-IAS U 500**).

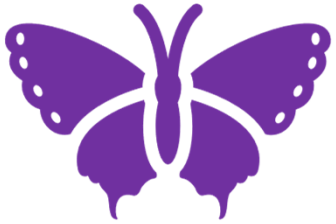






# Fin de la clase







## Preguntas ? Comentarios?







