

UNIDAD Nº 2

EPISTEMOLOGÍA, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA CIVIL

INTRODUCCION

La Ingeniería Civil es una profesión de base científica y tecnológica cuya finalidad es concebir, proyectar, construir, conservar y gestionar obras e infraestructuras capaces de responder a necesidades sociales concretas.

Para comprender adecuadamente la profesión no alcanza con dominar procedimientos de cálculo: también es necesario entender de dónde proviene el conocimiento utilizado, cómo se valida, cómo se transforma en soluciones técnicas y qué responsabilidades asume el ingeniero al intervenir sobre el territorio y la vida colectiva.

Esta unidad introduce los fundamentos epistemológicos de la actividad ingenieril y analiza la relación entre ciencia, técnica y tecnología. Se estudia el método científico, el proceso de diseño tecnológico, la diferencia entre descubrir, inventar e innovar, la integración de las ciencias básicas y la forma en que las distintas ramas de la Ingeniería Civil construyen respuestas frente a problemas estructurales, hidráulicos, geotécnicos, viales, sanitarios, ambientales y de gestión.

1. Epistemología e Ingeniería Civil

La palabra epistemología proviene del griego epistémē, conocimiento, y lógos, estudio o tratado. En sentido amplio, la epistemología estudia el conocimiento científico: sus fundamentos, métodos, criterios de validez, límites, formas de justificación y relaciones con la realidad. En Ingeniería Civil, la reflexión epistemológica permite comprender por qué ciertas afirmaciones pueden aceptarse como confiables, qué supuestos están detrás de un modelo y cuáles son los límites de una predicción.

Un ingeniero trabaja permanentemente con representaciones simplificadas de la realidad. Una estructura real se transforma en un modelo de barras, placas, membranas o elementos finitos; un río se representa mediante ecuaciones hidráulicas; un suelo se caracteriza mediante parámetros obtenidos de ensayos; un sistema de transporte se describe mediante flujos, matrices origen-destino y modelos de demanda. Estos modelos no son la realidad misma: son construcciones intelectuales útiles para analizarla y tomar decisiones.

Por ello, el conocimiento ingenieril combina dimensiones diferentes: conocimientos científicos generales, conocimientos tecnológicos de diseño, saberes técnicos de ejecución, experiencia profesional, normas, criterios de seguridad, información empírica y juicio ingenieril. La calidad de una decisión depende tanto de la corrección de los cálculos como de la validez de los datos, de la pertinencia del modelo y de la comprensión del contexto.

En Ingeniería Civil, calcular correctamente no garantiza por sí solo una buena solución. El ingeniero debe comprobar que el problema fue formulado correctamente, que los datos son representativos, que el modelo es adecuado y que la solución satisface requisitos de seguridad, funcionalidad, durabilidad, economía y sostenibilidad.

1.1 Tipos de conocimiento presentes en la práctica profesional

Tipo de conocimiento	Características	Ejemplo en Ingeniería Civil
Científico	Explica regularidades mediante teorías, leyes y modelos contrastables.	Mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, termodinámica, química del cemento.
Tecnológico	Organiza conocimientos para diseñar soluciones y procesos orientados a fines.	Diseño de un puente, una planta potabilizadora o un sistema de drenaje.
Técnico	Se vincula con procedimientos, habilidades y modos de ejecución.	Encofrar, hormigonar, compactar un terraplén, ejecutar una soldadura.
Empírico	Surge de la experiencia y de la observación acumulada.	Reconocer comportamientos del suelo, rendimientos de equipos o secuencias constructivas.
Normativo	Define reglas, requisitos mínimos y criterios aceptados.	Aplicación de reglamentos CIRSOC, INPRES-CIRSOC, especificaciones y normas IRAM.
Prudencial o profesional	Integra información incompleta para decidir responsablemente.	Elegir una solución constructiva frente a incertidumbres de terreno, plazo y presupuesto.

2. La técnica y la tecnología

2.1 Concepto de técnica

La técnica puede definirse como el conjunto organizado de procedimientos, habilidades, reglas y operaciones utilizadas para realizar una actividad y obtener un resultado. La técnica se expresa principalmente en el saber hacer. No requiere necesariamente una teoría científica formal: muchas técnicas existieron antes de que la ciencia pudiera explicar por qué funcionaban.

Las grandes obras de la antigüedad muestran que es posible alcanzar resultados técnicos notables mediante experiencia, observación, transmisión de prácticas y reglas empíricas. Sin embargo, la Ingeniería Civil contemporánea incorpora a esas técnicas una base científica y tecnológica mucho más amplia, permitiendo predecir comportamientos, cuantificar seguridad y controlar calidad.

En construcción, una técnica comprende tanto el procedimiento como la secuencia y los recursos necesarios. Por ejemplo, la técnica de compactación de un terraplén incluye preparación de la superficie, control de humedad, espesor de tongadas, selección del equipo, número de pasadas y verificación de densidad. Cada elemento responde a una finalidad y puede ser objeto de control.

2.2 Concepto de tecnología

La tecnología es un sistema de conocimientos, métodos, procesos, instrumentos, organizaciones y decisiones orientadas a resolver problemas prácticos o satisfacer necesidades humanas. A diferencia de la técnica aislada, la tecnología integra ciencia, diseño, experiencia, materiales, equipos, información, economía, gestión y evaluación de impactos.

Puede considerarse a la tecnología como una práctica sistemática de transformación. Su pregunta central no es solamente “¿por qué ocurre un fenómeno?”, sino también “¿cómo podemos lograr de manera segura y eficiente un resultado deseado?”. Así, la tecnología transforma conocimiento en capacidad de acción.

En Ingeniería Civil, la tecnología se materializa en sistemas constructivos, métodos de cálculo, software, materiales mejorados, sensores, equipos de obra, procedimientos de control, técnicas de rehabilitación y modelos de gestión de infraestructura. El BIM, la auscultación estructural, el hormigón de altas prestaciones, la estabilización de suelos, los sistemas urbanos de drenaje sostenible y la prefabricación son ejemplos de desarrollos tecnológicos.

2.3 Diferencias entre técnica y tecnología

Aspecto	Técnica	Tecnología
Núcleo	Saber hacer y procedimiento.	Sistema organizado de conocimientos y medios para resolver problemas.
Base	Puede ser empírica o tradicional.	Integra ciencia, técnica, diseño, gestión y evaluación.
Alcance	Frecuentemente local y operativo.	Puede abarcar sistemas complejos y cadenas completas de producción.
Ejemplo	Procedimiento de colocación de mampostería.	Sistema industrializado de cerramientos, cálculo, producción, montaje y control.
Evolución	Mejora por experiencia y práctica.	Evoluciona por investigación, diseño, innovación y retroalimentación.

2.4 La tecnología como sistema sociotécnico

Una infraestructura no es únicamente un objeto físico. Una autopista, una presa o una red de agua funciona dentro de un sistema que incluye usuarios, organismos públicos, empresas, normas, financiamiento, mantenimiento, información y ambiente. Por esa razón se utiliza el concepto de sistema sociotécnico: la tecnología interactúa con instituciones y comportamientos sociales.

El éxito de una obra depende de factores que exceden el diseño físico. Una red de saneamiento puede estar correctamente dimensionada y, sin embargo, presentar problemas si no existe mantenimiento, si el crecimiento urbano supera las previsiones o si la población no puede conectarse. El ingeniero debe comprender estas interacciones desde la etapa inicial del proyecto.

3. La ciencia y el conocimiento científico

La ciencia es una actividad humana sistemática orientada a producir conocimientos racionales, verificables y comunicables acerca de la realidad. Busca describir fenómenos, identificar

relaciones, formular explicaciones y construir modelos capaces de generar predicciones. Sus resultados se someten a crítica, contrastación y revisión.

No existe un único método rígido aplicable a todas las ciencias. Sin embargo, el trabajo científico comparte rasgos: formulación explícita de problemas, observación organizada, elaboración de hipótesis o modelos, empleo de evidencia, razonamiento lógico, posibilidad de contrastación, comunicación de resultados y revisión por otros miembros de la comunidad.

3.1 Características del conocimiento científico

- Racional: utiliza conceptos, inferencias y argumentos lógicamente articulados.
- Sistemático: organiza conocimientos en conjuntos coherentes y relacionados.
- Empírico o contrastable: vincula las afirmaciones con observaciones, mediciones o experimentos.
- Falible: acepta la posibilidad de error y revisión; no se presenta como conocimiento absolutamente definitivo.
- Reproducible o verificable: los procedimientos deben poder ser examinados y, cuando corresponde, repetidos.
- Comunicable: los resultados deben expresarse de manera clara, documentada y accesible a evaluación.
- Explicativo y predictivo: busca comprender relaciones y anticipar comportamientos bajo determinadas condiciones.
- Acumulativo y crítico: se apoya en conocimientos anteriores, pero permite cuestionarlos y mejorarlos.

3.2 Leyes, teorías, modelos y datos

Una **ley** científica expresa una regularidad observada o una relación entre magnitudes dentro de determinadas condiciones. Una **teoría** es una estructura conceptual más amplia que explica fenómenos y vincula leyes, principios y modelos. Un **modelo** es una representación simplificada empleada para describir, explicar o predecir un sistema. Los datos son registros obtenidos por observación, medición o experimentación.

En Ingeniería Civil, la distinción es importante porque los modelos tienen un dominio de validez. La ley de Hooke, por ejemplo, representa adecuadamente el comportamiento elástico lineal de muchos materiales en determinados rangos, pero no describe toda su respuesta hasta la rotura. Utilizar un modelo fuera de sus supuestos puede conducir a conclusiones erróneas.

Ejemplo epistemológico

Cuando se calcula una viga suponiendo material elástico, pequeñas deformaciones y apoyos ideales, no se afirma que la estructura real sea exactamente así. Se construye un modelo suficientemente representativo para el objetivo del análisis. La responsabilidad profesional incluye conocer las simplificaciones adoptadas y verificar que no invaliden la decisión.

4. Diferencias estructurales entre ciencia y tecnología

Ciencia y tecnología se encuentran estrechamente relacionadas, pero no son equivalentes. La ciencia se orienta principalmente a comprender y explicar; la tecnología se orienta a intervenir y producir

resultados. La ciencia pregunta qué ocurre, cómo ocurre y por qué; la tecnología pregunta qué queremos lograr, bajo qué restricciones y mediante qué solución.

Dimensión	Ciencia	Tecnología / Ingeniería
Finalidad principal	Producir explicación y conocimiento confiable.	Resolver una necesidad o alcanzar un objetivo práctico.
Problema típico	Comprender un fenómeno.	Diseñar una solución satisfactoria.
Resultado	Teorías, leyes, modelos, datos.	Artefactos, obras, procesos, sistemas, especificaciones.
Criterio de éxito	Coherencia, evidencia, capacidad explicativa y predictiva.	Funcionamiento, seguridad, economía, constructibilidad, durabilidad y aceptación.
Restricciones	Derivadas del fenómeno y del método.	Presupuesto, tiempo, materiales, normativa, ambiente, usuarios y riesgos.
Tipo de decisión	Explicativa o descriptiva.	Proyectual y normativa: elegir qué debe hacerse.
Optimización	No siempre es central.	Es frecuente: comparar alternativas y buscar compromiso entre múltiples objetivos.

Un proyecto de puente ilustra esta diferencia. La mecánica y la ciencia de materiales permiten explicar esfuerzos, deformaciones, inestabilidad y fatiga. Pero el proyecto final exige seleccionar una tipología, una luz, materiales, sistema constructivo, fundaciones, secuencia de montaje, dispositivos de apoyo, estrategia de inspección y criterios económicos. La solución no surge automáticamente de una ley científica: requiere diseño.

4.1 Relaciones de retroalimentación

La relación entre ciencia y tecnología es bidireccional. Los avances científicos producen nuevas posibilidades tecnológicas, pero las necesidades tecnológicas también generan preguntas científicas. Los instrumentos desarrollados por la ingeniería amplían la capacidad de observación de la ciencia, mientras que los problemas de infraestructura impulsan investigación sobre materiales, suelos, dinámica, corrosión, hidrología y ambiente.

5. Descubrimiento, invención e innovación tecnológica

5.1 Descubrimiento

Descubrir significa reconocer, identificar o poner en evidencia algo que ya existe en la realidad aunque no fuese conocido o comprendido. En ciencia, un descubrimiento puede ser una propiedad, un mecanismo, una relación o un fenómeno. El descubrimiento amplía el conocimiento disponible.

5.2 Invención

Inventar significa crear una solución, dispositivo, procedimiento o combinación que no existía previamente de esa manera. La invención tiene un carácter constructivo: produce una nueva forma de hacer o un nuevo objeto técnico. Puede basarse en conocimientos científicos, experiencia o combinaciones de tecnologías existentes.

5.3 Innovación

Innovar implica introducir y adoptar efectivamente una novedad capaz de generar valor o mejorar el desempeño de un proceso, producto, servicio u organización. No toda invención se convierte en innovación: para innovar, la propuesta debe implementarse y demostrar utilidad en un contexto real.

Concepto	Pregunta orientadora	Ejemplo
Descubrimiento	¿Qué fenómeno o propiedad existe?	Identificación de un comportamiento particular de un material o mecanismo de deterioro.
Invención	¿Qué nueva solución podemos crear?	Nuevo dispositivo de disipación sísmica o sistema de unión prefabricada.
Innovación	¿Cómo logramos que una novedad se use y genere mejora?	Adopción sistemática de monitoreo estructural para mantenimiento predictivo de puentes.

5.4 Innovación incremental y disruptiva

La innovación incremental mejora gradualmente tecnologías existentes: optimiza mezclas, reduce consumos, aumenta productividad o mejora control. La innovación disruptiva modifica de forma más profunda la manera de producir o prestar un servicio. En Ingeniería Civil, la digitalización del proceso proyecto-construcción mediante modelos de información, automatización, captura masiva de datos y gemelos digitales puede modificar procedimientos tradicionales de coordinación y mantenimiento.

La innovación responsable debe evaluar riesgos, confiabilidad, interoperabilidad, capacitación, costos de ciclo de vida y consecuencias ambientales. Una solución novedosa no es automáticamente superior: debe demostrar que satisface los requisitos del proyecto con un nivel aceptable de seguridad.

6. La investigación científica y el método científico

La investigación científica es un proceso planificado de producción de conocimiento. Parte de un problema relevante y procura obtener respuestas mediante procedimientos explícitos, datos confiables y razonamiento controlado. En Ingeniería Civil puede ser básica, aplicada, experimental, numérica, de campo o combinada.

6.1 Etapas generales del método científico

1. Observación y delimitación del problema: identificar un fenómeno, necesidad de conocimiento o inconsistencia.
2. Revisión de antecedentes: analizar teorías, resultados previos, normas, bases de datos y experiencias disponibles.
3. Formulación de preguntas, objetivos e hipótesis: establecer qué se desea conocer y qué relaciones se proponen.
4. Diseño metodológico: definir variables, instrumentos, muestras, ensayos, modelos o procedimientos de análisis.
5. Recolección de datos: medir, observar, experimentar o simular con criterios de trazabilidad y control.

6. Análisis: procesar los datos mediante herramientas estadísticas, matemáticas o computacionales.
7. Interpretación: relacionar los resultados con la hipótesis, los antecedentes y los límites del método.
8. Conclusiones y comunicación: presentar resultados, incertidumbres, alcances y recomendaciones.
9. Replicación y revisión: permitir que otros investigadores examinen, reproduzcan o refuten los resultados.

6.2 Variables, medición e incertidumbre

Medir es comparar una magnitud con una referencia y expresar el resultado mediante un valor y una unidad. Toda medición posee incertidumbre. En ingeniería no basta con registrar un número: se debe conocer el instrumento, resolución, calibración, condiciones de ensayo, dispersión y representatividad.

La incertidumbre puede ser aleatoria, asociada a variaciones naturales y dispersión, o epistémica, relacionada con conocimiento incompleto o modelos simplificados. Los proyectos deben administrar ambas. Los coeficientes de seguridad, factores parciales, análisis probabilísticos y estudios de sensibilidad son formas de considerar incertidumbres en la toma de decisiones.

6.3 Investigación experimental, de campo y numérica

Enfoque	Características	Ejemplos
Experimental	Control de variables y ensayos reproducibles.	Resistencia de hormigón, fatiga de acero, permeabilidad de suelo.
De campo	Observación del sistema en condiciones reales.	Aforos, auscultación de presas, campañas geotécnicas, relevamientos de tránsito.
Numérica	Modelación computacional y simulación.	Elementos finitos, CFD, modelos hidrológicos, microsimulación de tránsito.
Mixta	Integra mediciones, modelos y validación cruzada.	Calibrar un modelo hidráulico con niveles y caudales observados.

Principio de validación

Un modelo computacional no se valida porque produzca gráficos detallados. Debe comprobarse que las ecuaciones, condiciones de borde, parámetros, malla, datos y supuestos representen adecuadamente el problema, y que sus resultados sean consistentes con evidencia o soluciones de referencia.

7. El pensamiento científico aplicado a la Ingeniería Civil

Pensar científicamente implica formular preguntas precisas, separar observaciones de interpretaciones, buscar evidencia, evaluar explicaciones alternativas, cuantificar incertidumbres y estar dispuesto a revisar una conclusión. Este modo de pensar es esencial en la profesión porque las obras civiles son sistemas complejos sometidos a variabilidad, cargas, deterioro, acciones ambientales y uso humano.

7.1 De la percepción al diagnóstico

Frente a una fisura en una estructura, el pensamiento no científico podría asociarla inmediatamente con una única causa. El enfoque profesional formula hipótesis: retracción, asentamiento diferencial, sobrecarga, corrosión, variación térmica, deformaciones impuestas o errores constructivos. Cada hipótesis genera evidencias esperables y orienta inspecciones, mediciones y ensayos.

La secuencia correcta consiste en observar, documentar, comparar, medir, formular hipótesis, buscar evidencia discriminante y recién después establecer un diagnóstico. La intervención debe apoyarse en la causa y no únicamente en el síntoma.

7.2 Razonamiento inductivo, deductivo y abductivo

El razonamiento deductivo parte de principios generales para derivar consecuencias particulares. El inductivo identifica patrones a partir de observaciones y propone generalizaciones. El razonamiento abductivo busca la explicación más plausible para un conjunto de evidencias. Los tres aparecen en Ingeniería Civil.

Razonamiento	Aplicación ingenieril
Deductivo	A partir de ecuaciones de equilibrio y propiedades del material se calculan solicitaciones y deformaciones.
Inductivo	A partir de series históricas de lluvias o ensayos se estiman tendencias y parámetros.
Abductivo	A partir de daños observados se infiere el mecanismo de falla más probable.

7.3 Pensamiento crítico y sesgos

La toma de decisiones puede verse afectada por sesgos cognitivos: confirmar la primera hipótesis, confiar excesivamente en experiencias recientes, subestimar eventos poco frecuentes o mantener una solución por el solo hecho de haber invertido tiempo en ella. El trabajo en equipo, las revisiones independientes, las listas de verificación y la comparación sistemática de alternativas reducen estos riesgos.

El pensamiento crítico no significa desconfiar de todo, sino asignar a cada afirmación el grado de confianza que merece según la evidencia disponible. En ingeniería, esta actitud se traduce en trazabilidad de cálculos, revisión de supuestos, control de datos y documentación de decisiones.

8. Métodos tecnológicos de diseño y resolución de problemas

El diseño ingenieril es un proceso intencional orientado a transformar una necesidad en una solución realizable. Es iterativo: las decisiones iniciales se revisan a medida que aparecen restricciones, resultados de cálculo, costos y nueva información. A diferencia de un problema académico cerrado, los problemas reales suelen admitir múltiples soluciones posibles.

8.1 Etapas de un método tecnológico de diseño

1. Identificación de la necesidad o problema: qué situación debe mejorar y quiénes son los usuarios o interesados.

2. Recolección de información: topografía, geología, hidrología, demanda, normas, restricciones urbanas y ambientales.
3. Definición de requisitos y criterios de desempeño: seguridad, capacidad, vida útil, servicio, costo, plazo y ambiente.
4. Generación de alternativas: proponer diversas soluciones conceptuales antes de comprometerse con una única opción.
5. Modelación y predimensionamiento: convertir cada alternativa en variables cuantificables.
6. Análisis y verificación: comprobar estados límite, funcionamiento, constructibilidad, durabilidad y cumplimiento normativo.
7. Evaluación multicriterio: comparar alternativas en términos técnicos, económicos, ambientales y sociales.
8. Optimización y desarrollo: ajustar dimensiones, materiales, secuencia constructiva y detalles.
9. Documentación: producir planos, memorias, especificaciones, cómputos, presupuestos y procedimientos.
10. Ejecución, control y retroalimentación: verificar en obra, registrar desvíos y aprender para proyectos futuros.

8.2 Requisitos, restricciones y criterios

Un requisito expresa una condición que la solución debe cumplir. Una restricción limita el espacio de soluciones posibles. Un criterio permite comparar alternativas. Por ejemplo, en un puente la capacidad de carga puede ser un requisito; la ubicación de servicios existentes, una restricción; y el costo de ciclo de vida, un criterio de selección.

El diseño de calidad comienza con una definición clara del problema. Muchos errores costosos no se originan en operaciones matemáticas sino en requisitos incompletos, información insuficiente, interferencias no detectadas o cambios tardíos de alcance.

8.3 Diseño por desempeño y estados límite

La ingeniería moderna tiende a formular exigencias en términos de desempeño: qué debe hacer la obra durante acciones frecuentes, poco frecuentes o extremas. En estructuras se distinguen estados límite últimos, asociados a seguridad frente a colapso, y estados límite de servicio, vinculados con deformaciones, vibraciones, fisuración, confort y funcionalidad. La misma lógica de desempeño puede extenderse a drenajes, pavimentos, sistemas sanitarios y otras infraestructuras.

8.4 Optimización y análisis multicriterio

Optimizar no significa únicamente minimizar costo inicial. Una solución técnicamente eficiente puede tener altos costos de mantenimiento o impactos ambientales significativos. El análisis multicriterio permite considerar simultáneamente variables cuantitativas y cualitativas: inversión, operación, durabilidad, huella de carbono, ocupación territorial, seguridad, resiliencia y aceptación social.

Ejemplo de decisión

Dos alternativas de alcantarilla pueden satisfacer el caudal de diseño. La selección final puede depender de facilidad de mantenimiento, disponibilidad local de materiales, interferencias con servicios, tiempo de corte de tránsito, capacidad frente a sedimentos y costo total durante la vida útil.

9. Fundamentos científicos y tecnológicos de la Ingeniería Civil

La Ingeniería Civil integra conocimientos provenientes de múltiples ciencias. Las ciencias básicas no aparecen de forma aislada: se combinan dentro de modelos que describen materiales, estructuras, agua, suelo, clima y procesos de deterioro. Esta integración permite convertir fenómenos naturales en variables de diseño.

9.1 Matemática

La matemática proporciona el lenguaje formal de la ingeniería. El álgebra, la geometría, el cálculo diferencial e integral, las ecuaciones diferenciales, la estadística, la probabilidad y los métodos numéricos permiten representar relaciones, estimar comportamientos y resolver sistemas complejos.

- Álgebra lineal: resolución de sistemas de ecuaciones y formulaciones matriciales de estructuras.
- Cálculo: variación de magnitudes, integración de cargas, flujos y distribuciones.
- Ecuaciones diferenciales: deformación de vigas, flujo de agua, transporte de contaminantes, difusión térmica.
- Estadística: análisis de ensayos, control de calidad, confiabilidad y procesamiento de series de datos.
- Probabilidad: evaluación de eventos extremos, riesgo y variabilidad de propiedades.
- Métodos numéricos: solución aproximada de problemas que no admiten solución analítica simple.

9.2 Física

La física constituye una base esencial para comprender fuerzas, movimiento, energía, fluidos, temperatura y comportamiento de materiales. La estática permite establecer condiciones de equilibrio; la dinámica analiza respuesta ante acciones variables; la mecánica de fluidos describe presiones, velocidades y pérdidas de energía; la termodinámica y transferencia de calor explican fenómenos relevantes en materiales y edificios.

Los conceptos físicos se transforman en herramientas de diseño mediante modelos. El principio de conservación de la masa, por ejemplo, fundamenta la ecuación de continuidad en hidráulica; las leyes de Newton sustentan el análisis estructural y dinámico; la conservación de energía aparece en formulaciones hidráulicas y mecánicas.

9.3 Química

La química es central en la tecnología de materiales y en la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La hidratación del cemento, la corrosión del acero, las reacciones álcali-agregado, la carbonatación, la acción de sulfatos, la química del agua y los procesos de tratamiento requieren comprender reacciones, equilibrio, pH, solubilidad y transporte de especies.

La durabilidad de una obra depende en gran medida de procesos químicos. Un diseño que resiste las cargas iniciales puede perder desempeño si no se considera la agresividad del ambiente, la penetración de cloruros, la corrosión de armaduras o la degradación de materiales.

9.4 Geología

La geología aporta conocimiento sobre la estructura y evolución del terreno, litología, discontinuidades, procesos geomorfológicos, agua subterránea y peligros naturales. Toda obra se apoya en un medio geológico; ignorarlo puede producir asentamientos, inestabilidades, filtraciones o dificultades constructivas.

El estudio geológico y geotécnico reduce incertidumbres antes del proyecto. La información de perforaciones, calicatas, geofísica, ensayos in situ y laboratorio permite construir un modelo del subsuelo. En Argentina, organismos como SEGEMAR generan cartografía e información geológica de utilidad para la planificación territorial y la evaluación de recursos y riesgos.

9.5 Integración mediante un caso: diseño de un puente

Disciplina	Aporte al problema
Matemática	Modelos estructurales, estadística de tránsito, optimización y métodos numéricos.
Física	Equilibrio, dinámica, viento, vibraciones, hidráulica del cauce.
Química	Durabilidad del hormigón y acero, agresividad del ambiente, corrosión.
Geología / Geotecnia	Fundaciones, estabilidad de márgenes, socavación, caracterización del terreno.
Tecnología	Tipología, materiales, sistemas constructivos, equipos, monitoreo y mantenimiento.
Gestión	Costos, plazos, riesgos, contratos, logística y seguridad de obra.

10. El ingeniero y el mundo modelado por la tecnología

Las sociedades contemporáneas dependen de infraestructuras complejas: agua potable, saneamiento, transporte, energía, edificios, redes de comunicación y sistemas de protección frente a amenazas naturales. La tecnología ha modificado la forma de habitar, producir y desplazarse, y el Ingeniero Civil participa directamente en esa transformación.

El ingeniero no es un ejecutor neutral. Cada obra distribuye beneficios, costos, riesgos e impactos. Una ruta modifica accesibilidad y uso del suelo; una presa altera un sistema hídrico; un edificio consume materiales y energía; una defensa contra inundaciones cambia la dinámica del territorio. Por ello, la capacidad técnica debe acompañarse de responsabilidad ética y visión sistémica.

10.1 El ingeniero como agente transformador

- Transforma recursos naturales en infraestructura y servicios.
- Organiza conocimiento científico en soluciones constructivas.
- Toma decisiones bajo restricciones técnicas, económicas, ambientales y sociales.
- Gestiona riesgos que pueden afectar vidas, patrimonio y ambiente.
- Coordina actores de distintas disciplinas y organizaciones.
- Introduce innovaciones y promueve mejora continua.
- Contribuye a la resiliencia territorial frente a sismos, inundaciones, sequías y cambio climático.

- Interviene a lo largo de todo el ciclo de vida: planificación, proyecto, construcción, operación, mantenimiento y rehabilitación.

10.2 Tecnología, sostenibilidad y ciclo de vida

La sostenibilidad exige considerar impactos desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida de una obra. El análisis de ciclo de vida, el diseño para durabilidad, la reducción de residuos, la reutilización de materiales, la eficiencia hídrica y energética y el mantenimiento planificado son componentes crecientes de la práctica profesional.

Una infraestructura sostenible no es necesariamente la que utiliza el material “más ecológico” de manera aislada, sino la que cumple su función con seguridad y con un uso razonable de recursos durante toda su vida útil. Aumentar durabilidad puede ser más eficaz que reducir material si evita reparaciones frecuentes y reemplazos prematuros.

10.3 Digitalización

La digitalización introduce nuevas capacidades: modelos BIM, sistemas de información geográfica, drones, escáner láser, sensores IoT, análisis de datos, automatización de equipos y gemelos digitales. Estas tecnologías permiten integrar información, detectar interferencias, simular escenarios, controlar ejecución y planificar mantenimiento.

La transformación digital también exige nuevas competencias: gestión de datos, interoperabilidad, ciberseguridad, interpretación crítica de resultados y comprensión de las limitaciones de algoritmos y modelos. La automatización modifica tareas, pero no elimina la responsabilidad profesional por las decisiones.

11. Campo de actividades del Ingeniero Civil

El campo profesional del Ingeniero Civil es amplio porque la infraestructura atraviesa múltiples sectores. El profesional puede desempeñarse en estudios de ingeniería, empresas constructoras, organismos públicos, consultoras, laboratorios, universidades, industrias, concesionarias, empresas de servicios y organismos de control.

11.1 Actividades a lo largo del ciclo de vida

Etapa	Actividades frecuentes
Planificación	Diagnóstico de necesidades, estudios territoriales, planes maestros, priorización de inversiones.
Factibilidad	Análisis técnico-económico, estudios de demanda, alternativas, riesgos y evaluación ambiental.
Proyecto	Cálculo, modelación, diseño, documentación, especificaciones, cómputos y presupuesto.
Construcción	Dirección, inspección, planificación, producción, control de calidad, seguridad y gestión contractual.
Operación	Seguimiento de desempeño, consumos, capacidad, niveles de servicio y gestión de activos.
Mantenimiento	Inspección, diagnóstico, conservación, reparación, rehabilitación y refuerzo.
Fin de vida / reconversión	Demolición controlada, reutilización, reciclaje, cambio de uso o reemplazo.

11.2 Competencias transversales

Además del dominio disciplinar, la práctica requiere comunicación escrita y oral, trabajo en equipo, liderazgo, ética, negociación, gestión de proyectos, interpretación normativa, evaluación económica, manejo de incertidumbre y aprendizaje permanente. El ingeniero debe poder explicar decisiones complejas a especialistas, autoridades, clientes y comunidades.

12. Ramas y especialidades de la Ingeniería Civil

Las especialidades no funcionan como compartimentos aislados. Una obra real combina varias. El diseño de una autopista, por ejemplo, integra transporte, geotecnia, drenaje, estructuras, ambiente, topografía y gestión. La división por ramas facilita la profundización del conocimiento, pero el proyecto exige coordinación interdisciplinaria.

12.1 Ingeniería Estructural

Estudia el comportamiento de estructuras sometidas a acciones permanentes, variables, accidentales y ambientales. Su objetivo es lograr que edificios, puentes, torres, depósitos, obras industriales y otras estructuras posean resistencia, estabilidad, rigidez, ductilidad y durabilidad adecuadas.

Conocimientos principales: Mecánica de sólidos, análisis estructural, dinámica, hormigón, acero, madera, mampostería, sismorresistencia, viento, fatiga, confiabilidad.

Actividades típicas: Modelación, dimensionamiento, verificación, documentación, evaluación de estructuras existentes, refuerzo, inspección y monitoreo.

12.2 Ingeniería Hidráulica y Recursos Hídricos

Analiza el comportamiento del agua en sistemas naturales y artificiales. Interviene en captación, conducción, almacenamiento, drenaje, control de inundaciones, riego, aprovechamientos y manejo de cuencas.

Conocimientos principales: Mecánica de fluidos, hidráulica, hidrología, estadística de extremos, transporte de sedimentos, hidrometría, modelación.

Actividades típicas: Canales, presas, acueductos, alcantarillas, drenaje urbano, defensas, redes, estudios de cuenca y modelación de crecidas.

12.3 Vías de Comunicación y Transporte

Planifica, diseña y gestiona sistemas que permiten el movimiento seguro y eficiente de personas y cargas: carreteras, calles, ferrocarriles, aeropuertos, terminales y sistemas urbanos.

Conocimientos principales: Geometría vial, tránsito, transporte, pavimentos, materiales, logística, seguridad vial, demanda y planificación.

Actividades típicas: Trazado, diseño geométrico, estudios de tránsito, pavimentos, señalización, movilidad urbana, evaluación de niveles de servicio.

12.4 Ingeniería Geotécnica

Estudia suelos, rocas y su interacción con estructuras. El terreno es un material natural variable cuya caracterización es fundamental para fundaciones, excavaciones, taludes y obras subterráneas.

Conocimientos principales: Mecánica de suelos, mecánica de rocas, geología, hidrogeología, consolidación, resistencia al corte, dinámica de suelos.

Actividades típicas: Campañas de investigación, fundaciones, estabilidad de taludes, muros, excavaciones, túneles, mejoramiento de suelos y análisis de asentamientos.

12.5 Construcciones y Edificación

Integra diseño constructivo, materiales, sistemas de ejecución y coordinación de instalaciones para materializar edificios y obras con calidad, seguridad, productividad y durabilidad.

Conocimientos principales: Tecnología de materiales, métodos constructivos, física de edificios, patologías, control de calidad, industrialización.

Actividades típicas: Detalles constructivos, planificación de obra, selección de sistemas, control de ejecución, rehabilitación y coordinación multidisciplinaria.

12.6 Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Diseña sistemas orientados a proteger salud pública y ambiente mediante abastecimiento de agua, saneamiento, tratamiento de efluentes, residuos, drenaje y control de contaminación.

Conocimientos principales: Química, microbiología ambiental, hidráulica, procesos de tratamiento, calidad de agua, gestión ambiental y evaluación de impactos.

Actividades típicas: Plantas potabilizadoras, cloacas, plantas depuradoras, residuos, redes, estudios ambientales, remediación y gestión de recursos.

12.7 Gestión de Obras y Proyectos

Aplica técnicas de planificación, organización, control económico, contratación, logística, calidad y gestión de riesgos para cumplir alcance, plazo, costo y requisitos de desempeño.

Conocimientos principales: Programación, costos, productividad, contratos, compras, riesgos, calidad, seguridad, administración y sistemas de información.

Actividades típicas: Cronogramas, presupuestos, seguimiento, certificaciones, gestión de cambios, coordinación de contratistas, análisis de desvíos y cierre de proyectos.

13. Profundización de las especialidades y su interacción

13.1 Ingeniería Estructural: del modelo al detalle

El proceso estructural comienza con la definición del sistema resistente. Antes de calcular se decide cómo viajarán las cargas hacia las fundaciones. La regularidad, continuidad, redundancia y compatibilidad entre arquitectura y estructura pueden ser tan importantes como el dimensionamiento de una sección.

Las acciones incluyen peso propio, uso, viento, nieve, temperatura, sismo, empujes, impacto y efectos constructivos. El proyecto debe considerar combinaciones y situaciones relevantes. La verificación se realiza mediante criterios reglamentarios que incorporan incertidumbres y niveles de seguridad.

En Argentina, INTI-CIRSOC desarrolla y actualiza reglamentos nacionales de seguridad estructural. En 2026 se aprobó una nueva generación de reglamentos, entre ellos CIRSOC 101-25 para cargas permanentes y sobrecargas, CIRSOC 102-25 para viento, CIRSOC 200-24 para tecnología del hormigón y CIRSOC 201-25 para estructuras de hormigón. Estos documentos muestran cómo el conocimiento científico y la experiencia profesional se transforman en reglas tecnológicas aplicables al proyecto.

13.2 Hidráulica: modelar sistemas variables

Los problemas hidráulicos presentan una particularidad: las variables pueden cambiar intensamente en el tiempo y el espacio. El caudal de un río, la lluvia, la demanda urbana y el nivel freático son variables. Por ello, el diseño requiere estadística, escenarios y criterios de riesgo.

La hidrología transforma precipitación en caudal mediante modelos conceptuales o numéricos. La hidráulica analiza el movimiento del agua en conductos, canales y medios porosos. En Argentina, el Instituto Nacional del Agua cumple funciones científico-tecnológicas vinculadas con recursos hídricos y brinda una referencia institucional para estudios, investigación y asistencia técnica.

13.3 Transporte: infraestructura y comportamiento humano

En transporte, el sistema físico se combina con decisiones humanas. La demanda depende de actividades, localización, costos, tiempos y preferencias. Una ampliación de capacidad puede modificar patrones de viaje; por ello, la planificación no se limita al dimensionamiento geométrico.

La seguridad vial requiere analizar interacción entre usuario, vehículo, infraestructura y entorno. Geometría, visibilidad, velocidad, señalización, estado del pavimento y comportamiento se estudian conjuntamente. La ingeniería moderna incorpora conceptos de movilidad sostenible, accesibilidad y seguridad sistémica.

13.4 Geotecnia: trabajar con incertidumbre natural

A diferencia del acero fabricado bajo control industrial, el suelo existe antes de la obra y presenta variabilidad espacial. El desafío geotécnico consiste en investigar una porción limitada del terreno y construir un modelo razonable del subsuelo. Por ello, la selección de ensayos y ubicación de sondeos es una decisión de ingeniería.

El proyecto geotécnico combina observación geológica, ensayos, teoría y experiencia. La comparación entre comportamiento previsto y observado durante la construcción constituye una herramienta poderosa. En obras complejas se utiliza el método observacional: se define un diseño inicial, límites de comportamiento y acciones correctivas según mediciones reales.

13.5 Construcción: transformar el proyecto en realidad

La construcción introduce restricciones que no siempre aparecen en el cálculo: accesos, disponibilidad de equipos, secuencias, tolerancias, clima, productividad, seguridad, interferencias y logística. La constructibilidad evalúa desde el proyecto si la solución puede ejecutarse de manera eficiente y segura.

La calidad se gestiona mediante especificaciones, procedimientos, inspección, ensayos, registros y trazabilidad. El control no debe limitarse al producto final; debe actuar sobre el proceso. Prevenir errores es más eficaz que detectarlos cuando la obra ya está terminada.

13.6 Sanitaria y Ambiental: ingeniería orientada a la salud

Los sistemas de agua y saneamiento son tecnologías esenciales para la salud pública. El diseño requiere proyectar demandas, garantizar presiones, controlar calidad, tratar contaminantes y disponer efluentes de manera compatible con el ambiente. Las decisiones tienen fuerte dimensión social, ya que el acceso a servicios básicos condiciona calidad de vida y desarrollo.

La Ingeniería Ambiental amplía la mirada hacia impactos de proyectos, gestión de residuos, calidad de aire y agua, contaminación de suelos, eficiencia de recursos y restauración. La evaluación ambiental debe integrarse desde las primeras alternativas, no agregarse al final como un requisito formal.

13.7 Gestión de Obras: ingeniería de la producción

Una obra es también un sistema de producción temporal. Recursos humanos, equipos, materiales, información y dinero deben coordinarse para transformar planos en un producto físico. La planificación establece secuencias y dependencias; el control compara avance real con lo programado; la gestión de riesgos identifica eventos capaces de afectar objetivos.

El costo de una obra no es únicamente la suma de materiales y mano de obra. Incluye rendimientos, equipos, gastos generales, financiamiento, contingencias, riesgos y condiciones contractuales. El ingeniero gestor debe comprender la relación entre decisiones técnicas y económicas.

14. Las especialidades en la realidad nacional y regional

La Argentina presenta una gran diversidad territorial: áreas sísmicas, llanuras inundables, regiones áridas, ambientes de montaña, extensas redes viales, grandes centros urbanos y localidades dispersas. Esa diversidad modifica prioridades y exige adaptar soluciones a condiciones locales.

14.1 Condicionantes regionales

Condicionante	Implicancias de Ingeniería Civil
Sismicidad en regiones andinas y centro-oeste	Diseño sismorresistente, detallado dúctil, evaluación de vulnerabilidad y normativa INPRES-CIRSOC.
Regiones áridas y semiáridas	Gestión eficiente del agua, almacenamiento, riego, protección de cuencas y control de pérdidas.
Llanuras con riesgo de inundación	Drenaje, reservorios, modelación hidrológica, ordenamiento territorial y sistemas de alerta.
Áreas montañosas	Estabilidad de taludes, trazados complejos, túneles, protección contra desprendimientos y erosión.
Grandes aglomeraciones urbanas	Movilidad, saneamiento, renovación de redes, vivienda, residuos, drenaje y mantenimiento de infraestructura envejecida.
Regiones productivas y corredores logísticos	Mejora de rutas, ferrocarriles, puentes, accesos portuarios, pavimentos y capacidad de carga.

14.2 Organismos y marcos tecnológicos de referencia

El ejercicio profesional se apoya en universidades, institutos tecnológicos, organismos de normalización y entidades públicas. Entre los actores de interés para la Ingeniería Civil argentina se encuentran INTI-CIRSOC en seguridad estructural; INPRES en ingeniería sísmica; INA en recursos hídricos; SEGEMAR en información geológica; IRAM en normalización; organismos viales y autoridades provinciales y municipales según la jurisdicción.

Estos organismos muestran que la tecnología se construye colectivamente. Los reglamentos, mapas, manuales, bases de datos y recomendaciones condensan investigación, experiencia y consenso técnico. El profesional debe mantener actualización continua porque las normas y criterios evolucionan.

14.3 Desafíos contemporáneos

- Mantenimiento y rehabilitación de infraestructura existente antes de llegar a fallas críticas.
- Adaptación al cambio climático y aumento de resiliencia frente a eventos extremos.
- Ampliación de agua, saneamiento y drenaje con criterios de equidad territorial.
- Mejora de seguridad vial y eficiencia logística.
- Reducción de emisiones y consumo de recursos en materiales y construcción.
- Digitalización de proyectos y gestión de activos.
- Formación interdisciplinaria y actualización normativa permanente.
- Integración entre planificación urbana, infraestructura y ambiente.

15. Casos integradores de pensamiento científico y tecnológico

Caso 1. Fisuración en un edificio

Situación: aparecen fisuras diagonales y escalonadas en cerramientos próximos a una esquina. El abordaje profesional comienza con relevamiento: ubicación, ancho, longitud, evolución, fecha de aparición, antecedentes de obra y modificaciones. Luego se construyen hipótesis: asentamiento diferencial, deformación de estructura, retracción, movimientos térmicos o fallas de ejecución.

Se comparan evidencias: niveles topográficos, estado de fundaciones, patrón de fisuras, humedad, cargas, planos y secuencia constructiva. Si corresponde, se instrumenta el movimiento. Finalmente se establece un diagnóstico y se diseña una intervención. El caso muestra la diferencia entre “reparar una fisura” y resolver científicamente la causa del daño.

Caso 2. Inundaciones recurrentes en un barrio

El problema no debe reducirse a aumentar el diámetro de una tubería. Se estudian cuenca, topografía, impermeabilización, intensidad de lluvias, capacidad de conductos, puntos bajos, obstrucciones, ocupación del suelo y descargas. Se construye un modelo hidrológico-hidráulico y se calibra con eventos observados.

Las alternativas pueden incluir ampliación de conductos, reservorios, superficies permeables, parques inundables, mantenimiento y control de ocupación. La decisión se realiza con criterios técnicos, económicos, ambientales y sociales. El ejemplo evidencia el carácter sistémico de la Ingeniería Civil.

Caso 3. Selección de fundación para una obra

El diseño comienza con información geológica y geotécnica. Si los estratos superficiales son compresibles, una fundación directa puede generar asentamientos excesivos aunque la capacidad portante última sea suficiente. Se comparan plateas, pilotes, mejoramiento del suelo u otras soluciones.

La alternativa óptima depende de cargas, profundidad de estratos resistentes, napa, constructibilidad, vibraciones admisibles, equipos disponibles, costo y plazo. Una decisión técnicamente correcta requiere integrar teoría, ensayos, experiencia y restricciones de obra.

Caso 4. Rehabilitación de un puente

La evaluación de una estructura existente exige recopilar planos, inspeccionar daños, medir geometría, identificar materiales y verificar cargas actuales. La capacidad no se deduce únicamente de la edad. Se analiza corrosión, fatiga, fisuración, deformaciones y cambios normativos. En algunos casos la instrumentación permite estimar comportamiento real.

Se comparan alternativas: mantenimiento, reparación local, refuerzo, limitación de cargas o reemplazo. El criterio debe incluir seguridad, costo de ciclo de vida, interrupción del tránsito y riesgo. La gestión de infraestructura madura se basa en decisiones priorizadas por condición y criticidad.

16. Herramientas contemporáneas de la Ingeniería Civil

Herramienta	Utilidad	Precaución epistemológica
Modelos de elementos finitos	Analizar estructuras y medios continuos complejos.	Resultados dependen de malla, constitutivas, vínculos, cargas y supuestos.
SIG / GIS	Integrar información espacial y apoyar planificación territorial.	Calidad de capas, escala, fecha y sistema de referencia condicionan conclusiones.
BIM	Coordinar geometría, información, cantidades y procesos.	Un modelo detallado no garantiza que los datos sean correctos.
Drones y fotogrametría	Relevamiento, inspección y seguimiento de obra.	Debe controlarse precisión, georreferenciación y restricciones operativas.
Sensores y monitoreo	Registrar deformaciones, vibraciones, niveles, presiones o corrosión.	Necesita calibración, mantenimiento, filtrado y correcta interpretación.
IA y análisis de datos	Clasificación, predicción, detección de patrones y apoyo a decisiones.	Puede heredar sesgos de datos; requiere validación y responsabilidad humana.

Las herramientas digitales amplían la capacidad del ingeniero, pero no reemplazan el razonamiento. El software ejecuta un modelo definido por el usuario. Por ello, una competencia esencial es realizar verificaciones independientes: órdenes de magnitud, balances, soluciones simples, comparación con experiencia y revisión de sensibilidad.

17. Error, incertidumbre, riesgo y responsabilidad

Toda decisión ingenieril se realiza bajo incertidumbre. Las cargas futuras, propiedades de materiales, condiciones de terreno, comportamiento de usuarios y evolución ambiental no pueden conocerse con exactitud absoluta. La seguridad se alcanza mediante márgenes, redundancia, factores de diseño, controles, inspecciones y mantenimiento.

17.1 Diferencia entre peligro y riesgo

Un peligro es una fuente potencial de daño, como un sismo, una crecida o una sustancia corrosiva. El riesgo combina la probabilidad o frecuencia del evento con sus consecuencias y la vulnerabilidad del sistema. Reducir riesgo puede implicar disminuir exposición, vulnerabilidad o consecuencias, no necesariamente eliminar el peligro.

17.2 Cultura de seguridad

La cultura de seguridad se construye cuando las organizaciones promueven reporte de incidentes, revisión de errores, verificación independiente y aprendizaje. Ocultar incertidumbres o asumir que “siempre se hizo así” es incompatible con el pensamiento científico. La ingeniería responsable documenta las decisiones críticas y establece controles proporcionales a las consecuencias de falla.

17.3 Ética del conocimiento técnico

El ingeniero debe reconocer los límites de su competencia, actualizarse, comunicar incertidumbres y evitar presentar como exacto aquello que es una estimación. Cuando la seguridad pública está en juego, la presión de costo o plazo no puede justificar la omisión de verificaciones esenciales.

18. Síntesis conceptual de la Unidad

Concepto	Síntesis
Ciencia	Produce conocimiento explicativo y contrastable sobre la realidad.
Técnica	Conjunto de procedimientos y habilidades para ejecutar una actividad.
Tecnología	Sistema de conocimientos y medios orientado a resolver problemas prácticos.
Ingeniería	Práctica profesional que diseña, materializa y gestiona soluciones bajo restricciones y responsabilidad social.
Método científico	Proceso sistemático para formular preguntas, obtener evidencia, analizar e interpretar resultados.
Método tecnológico	Proceso iterativo de definición de necesidades, diseño, verificación, comparación y optimización.
Modelo	Representación simplificada de un sistema real utilizada para analizar o predecir.
Innovación	Implementación efectiva de una novedad que mejora desempeño o genera valor.
Pensamiento crítico	Evaluación racional de datos, supuestos, explicaciones y límites de una conclusión.
Sistema sociotécnico	Conjunto integrado de infraestructura, tecnología, usuarios, instituciones y reglas.

Síntesis**final**

La Ingeniería Civil puede entenderse como una disciplina de integración: toma conocimiento científico, lo combina con técnicas, normas, experiencia y métodos tecnológicos de diseño, y lo transforma en obras y sistemas destinados a servir a la sociedad. Su calidad depende tanto de la capacidad de cálculo como de la formulación correcta de problemas, la evaluación de alternativas, la gestión de incertidumbre y la responsabilidad profesional.

19. Preguntas de repaso y autoevaluación

1. Defina técnica y tecnología. ¿Por qué no son sinónimos?
2. Explique tres diferencias estructurales entre ciencia y tecnología.
3. ¿Qué diferencia existe entre descubrimiento, invención e innovación? Proponga un ejemplo propio de cada uno.
4. ¿Por qué se afirma que los modelos ingenieriles son representaciones simplificadas de la realidad?
5. Describa las etapas generales del método científico.
6. Explique la diferencia entre incertidumbre aleatoria y epistémica.
7. ¿Cómo se aplica el razonamiento abductivo en el diagnóstico de patologías constructivas?
8. Describa un método tecnológico de diseño y señale en qué etapas puede ser necesario iterar.
9. ¿Cuál es la diferencia entre requisito, restricción y criterio de selección?
10. Explique cómo se integran matemática, física, química y geología en un proyecto de puente.
11. ¿Por qué la tecnología puede considerarse un sistema sociotécnico?
12. ¿Qué significa que el ingeniero sea un agente transformador del entorno?
13. Enumere y caracterice las principales ramas de la Ingeniería Civil.
14. ¿Qué particularidades presenta la incertidumbre en Ingeniería Geotécnica?
15. ¿Por qué el problema del transporte no puede analizarse solamente como un problema geométrico?
16. ¿Cuál es la función de la gestión de obras dentro de la Ingeniería Civil?
17. ¿Qué beneficios y riesgos introduce la digitalización?
18. Diferencie peligro y riesgo con un ejemplo de infraestructura.
19. ¿Por qué una solución de menor costo inicial no necesariamente es la mejor alternativa?
20. Explique por qué las normas técnicas pueden interpretarse como una forma de conocimiento tecnológico colectivo.

22. Bibliografía y fuentes de consulta

La siguiente bibliografía combina textos de epistemología, metodología, diseño ingenieril y referencias técnicas. Para docencia conviene complementar este apunte con reglamentos, manuales y documentos institucionales vigentes.

- Bunge, M. La ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: diversas ediciones.
- Bunge, M. Epistemología. Barcelona: Ariel.
- Popper, K. R. La lógica de la investigación científica. Madrid: Tecnos.
- Kuhn, T. S. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica.
- Simon, H. A. The Sciences of the Artificial. MIT Press.
- Vincenti, W. G. What Engineers Know and How They Know It. Johns Hopkins University Press.
- Dieter, G. E.; Schmidt, L. C. Engineering Design. McGraw-Hill.
- Petroski, H. To Engineer Is Human: The Role of Failure in Successful Design. Vintage.
- Neville, A. M. Properties of Concrete. Pearson.
- Gere, J. M.; Goodno, B. J. Mechanics of Materials. Cengage.
- Chow, V. T. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill.
- Das, B. M.; Sobhan, K. Principles of Geotechnical Engineering. Cengage.
- INTI-CIRSOC. Reglamentos Nacionales de Seguridad Estructural. Sitio oficial: <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc>
- Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES). Información técnica y normativa sismorresistente. <https://www.argentina.gob.ar/inpres>
- Instituto Nacional del Agua (INA). Investigación, desarrollo y servicios tecnológicos vinculados con recursos hídricos. <https://www.argentina.gob.ar/ina>
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Geología y recursos del territorio argentino. <https://www.argentina.gob.ar/produccion/segemar>
- IRAM. Normas técnicas argentinas aplicables a materiales, procesos, calidad y construcción.
- Normativa provincial y municipal vigente correspondiente a la jurisdicción donde se proyecte o ejecute cada obra.