

## Fundamentos de Gestión de Proyectos en Ingeniería Civil y Construcción

Este documento introduce los conceptos esenciales para la dirección exitosa de proyectos en la industria de la construcción, basándose en las mejores prácticas internacionales y la realidad del mercado.

### 1. Estándares Globales: PMI y CII

Para gestionar proyectos complejos, la industria civil se apoya en organizaciones internacionales que investigan y estandarizan procesos para asegurar el éxito de la inversión.

- **PMI (Project Management Institute):** Es la organización mundial líder en la dirección de proyectos. Su estándar, el **PMBOK 8** (Project Management Body of Knowledge), organiza las mejores prácticas. Para entender su estructura actual, hay que distinguir tres conceptos clave:
  - **Principios Fundamentales:** Son las "reglas de juego" o la mentalidad que debe tener el equipo. No te dicen *cómo* hacer las cosas, sino *cómo comportarse*. Ejemplos: "Ser un líder", "Enfocarse en el valor", "Adaptabilidad y resiliencia".
  - **Dominios de Desempeño:** Son las áreas concretas de trabajo donde el equipo debe accionar para dar resultados. Ejemplos: "Planificación", "Trabajo del Equipo", "Manejo de la Incertidumbre/Riesgo" y "Entrega".
  - **Áreas de Enfoque:** (Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Cierre)
- **CII (Construction Industry Institute):** A diferencia del PMI (que es general para cualquier industria), el CII es un laboratorio práctico exclusivo para la construcción. Está formado por grandes empresas dueñas de capital (ej. petroleras, mineras) y contratistas. Su objetivo es muy concreto: analizar por qué fracasan las obras reales y crear herramientas matemáticas y de gestión para evitar sobrecostos, mejorar la seguridad y optimizar tiempos.
- El CII desarrolla herramientas como el **PDRI (Project Definition Rating Index)**, que permite cuantificar qué tan bien definido está el alcance antes de invertir un solo peso en obra. El CII sostiene que la "pre-planificación" (Front-End Loading - FEL) es el factor determinante del éxito financiero.
- **Beneficios conjuntos:** El PMI aporta el marco universal para controlar el cronograma, el presupuesto, el alcance y los riesgos de manera metódica. El CII complementa esto con herramientas técnicas específicas para la industria (como métricas de madurez de planificación o *Front-End Planning*). Juntos, reducen la incertidumbre, minimizan los sobrecostos y mejoran la seguridad y calidad de las obras.

- El aporte del CII es el **Front-End Planning (FEP) o Planificación Anticipada**.
  - *Definición:* Es el proceso intensivo de definir estratégicamente el proyecto antes de autorizar la inversión pesada. Se trata de gastar tiempo y dinero en pensar antes de ejecutar.
  - *Ejemplo concreto:* Antes de meter las excavadoras para hacer un parque eólico, el FEP exige que ya se hayan resuelto los permisos ambientales, los estudios de suelo, las rutas de acceso para los equipos sobredimensionados y los conflictos con las comunidades locales. Si se aprueba el presupuesto sin este nivel de detalle, la obra inevitablemente se detendrá por imprevistos.
- **FEED (Front End Engineering Design) es la Ingeniería Básica Extendida**, desarrollada antes de autorizar la construcción, con el objetivo de:
  - Definir el proyecto con suficiente nivel de detalle
  - Reducir incertidumbre técnica, económica y contractual
  - Entregar una base sólida para licitaciones y ejecución

Es el paso intermedio entre la **Ingeniería Conceptual** y la **Ingeniería de Detalle**.

El FEED forma parte central del proceso FEP del CII y se asocia con los siguientes entregables esenciales:

- Estrategia de Procura (Procurement Strategy)
- Plan de Ejecución del Proyecto (Project Execution Plan)
- Estimación de Costos confiable (Cost Estimate)
- Estudio de Constructibilidad
- Work Breakdown Structure (WBS / EDT)
- Cronograma preliminar de obra (Schedule)
- Plan de Gestión de Riesgos



## 2. El Ecosistema del Proyecto Civil

- **Definición:** Según el PMI y el CII, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. En el entorno civil, ese resultado suele ser un activo físico (un puente, una represa, un edificio).
- **Conformación:** Requiere un patrocinador (quien financia y aprueba), un director de proyecto (el responsable de la gestión integral), un equipo técnico multidisciplinario y los interesados o *stakeholders* (comunidad, gobierno, subcontratistas, proveedores).
- **Características Generales:** Todo proyecto tiene un inicio y un fin definidos, es de naturaleza única (no hay dos obras idénticas, incluso con los mismos planos), se elabora gradualmente a medida que se obtiene más información y tiene como objetivo crear valor.

- **Tipologías:** Se clasifican según su sector. Encontramos proyectos de **infraestructura** (vialidad, puentes, ferrocarriles), **edificación** (residencial, comercial, hospitales), **industriales** (plantas de energía, minería, refinerías) y **medioambientales** (plantas de tratamiento de aguas, rellenos sanitarios).
- **Particularidades Civiles:** Se distinguen por requerir una altísima inversión de capital, tener ciclos de vida largos (años o décadas), estar fuertemente condicionados por factores geográficos y climáticos, exigir un estricto cumplimiento normativo (ambiental, laboral y de seguridad) y presentar una alta fragmentación de subcontratistas y gremios.



### 3. Proyectos de Ingeniería vs. Proyectos de Construcción

Aunque están íntimamente ligados, gestionar el diseño de una obra no es lo mismo que gestionar su ejecución física.

#### 3.1 - Proyectos de Ingeniería:

Su foco es el trabajo intelectual, analítico y de diseño. Consisten en evaluar la viabilidad, realizar cálculos, definir especificaciones y planificar. El entregable final es un **paquete de información técnica**:

- **Informe de estudios básicos**

- **Memorias de cálculo:** Son los documentos de sustento técnico que elabora el diseñador.
- **Planos:** Representación gráfica del proyecto
- **Especificaciones Técnicas y Manuales de Calidad:** Documentos legales que dicen exactamente qué normas deben cumplir los materiales y cómo deben inspeccionarse.
- **Análisis de Riesgo:** Matrices donde se identifican amenazas (ej. lluvias extremas, huelgas) y se planifican reservas de dinero y tiempo para mitigarlas.
- **Computo de obras:** Se determinan las cantidades de los distintos componentes que forman parte de la construcción directa e indirectamente.
- **Evaluación Financiera (CAPEX y OPEX):** La ingeniería no solo diseña para construir, sino para operar. Debe equilibrar el **CAPEX** (Capital Expenditure - lo que cuesta construir la obra) con el **OPEX** (Operational Expenditure - lo que costará mantenerla funcionando en los próximos 30 años).
- **Talleres de Constructibilidad:** Son reuniones clave donde los ingenieros de diseño se sientan con los constructores de campo *antes* de terminar los planos. El objetivo es asegurar que el diseño sea lógicamente construible con la maquinaria y logística disponible.
- **Modelos BIM (Building Information Modeling):** No es un simple dibujo 3D. Es una base de datos inteligente. Cada elemento del modelo (ej. una columna) contiene información paramétrica: su volumen de hormigón, costo, fecha en la que debe construirse y proveedor. Permite simular la obra virtualmente antes de ir al terreno.

#### Ejemplo de Ciclo de Vida (Diseño de un Puente Vía):

- **Inicio:** El gobierno plantea la necesidad de cruzar un río y firma el acta de inicio del proyecto de diseño.
- **Planificación:** El director define los especialistas necesarios (estructuralistas, topógrafos, hidráulicos) y arma el cronograma de entregas de planos.
- **Ejecución:** Realización de estudios de suelo, hidráulicos, topográficos, modelado BIM, cálculos de cargas y redacción de especificaciones técnicas, etc.
- **Monitoreo y Control:** Revisiones de calidad (detección de interferencias), control de horas-hombre consumidas vs. presupuestadas.
- **Cierre:** Entrega del "Legajo Técnico Apto para Construcción" al cliente.

#### Proyectos de Construcción

Su foco es la ejecución física y operativa. Toman el paquete de información generado por la ingeniería y lo materializan. Sus retos son la gestión logística, maquinaria, materiales, sindicatos y seguridad en obra. El entregable es el **activo físico construido**.

| ECONOMÍA EN INGENIERÍA CIVIL |      |
|------------------------------|------|
| UNIDAD 2 – A: Alcance        | 2026 |

#### Ejemplo de Ciclo de Vida (Construcción del Punte):

- **Inicio:** Firma del contrato de obra pública y acta de replanteo en el terreno.
- **Planificación:** Desarrollo de la logística de provisión de hormigón/acero, plan de seguridad e higiene, y gestión de permisos.
- **Ejecución:** Movimiento de suelos, pilotaje, hormigonado de pilas, montaje de vigas y pavimentación.
- **Monitoreo y Control:** Ensayos de calidad (probetas de hormigón), control del avance físico (curva S) y gestión de cambios.
- **Cierre:** Pruebas de carga, recepción de la obra, desmovilización del obrador y entrega final.

#### 4. Niveles de Desarrollo en Proyectos de Ingeniería

En la industria civil, el diseño madura progresivamente en niveles para acotar el riesgo técnico y financiero de la inversión antes de mover un solo metro cúbico de tierra.

1. **Identificación de la Idea / Evaluación Inicial (Nivel de Oportunidad):** En esta etapa temprana se reconoce una necesidad, problema u oportunidad que podría dar origen a un proyecto. Todavía no se analizan alternativas técnicas detalladas ni se desarrollan estudios formales; el objetivo es definir el “qué” y el “para qué”, sin entrar en el “cómo”.

Se delimitan los objetivos estratégicos, se identifican los beneficiarios, se establece la envergadura preliminar y se estiman de manera exploratoria los posibles costos y plazos. El nivel de definición técnica es muy bajo y la incertidumbre es máxima, ya que aún no se han realizado estudios de campo ni evaluaciones de viabilidad.

El margen de error en las estimaciones puede superar  $\pm 50\%$  a  $\pm 70\%$ , dado que se trata de apreciaciones macro basadas en analogías con proyectos previos o ratios generales de la industria. El nivel de definición técnica típico es del 0% al 2%

2. **Ingeniería Conceptual / Prefactibilidad (Viabilidad):** Se proponen alternativas (ej. para un cruce: puente o túnel). Se elige la mejor opción. El margen de error del presupuesto estimado aquí es muy alto, típicamente de **+/- 30% a 50%**. – Nivel de definición técnica 2% al 15%.
3. **Estudios Básicos:** Investigaciones de campo para conocer el entorno real.

1. *Topografía*: Relevamiento del terreno.
2. *Geotecnia*: Perforaciones para conocer la resistencia del suelo.
3. *Hidrología*: Estudio de cuencas y niveles de inundación.
4. *Impacto Ambiental*: Evaluación de flora, fauna y medio socioeconómico.
4. **Ingeniería Básica / Factibilidad**: Desarrolla la alternativa elegida. Se dimensionan equipos principales, trazados y materiales. Con esta información se lanza la licitación general. El margen de error se reduce a **+/- 15% a 20%**. Nivel de definición técnica 15% al 40%.
5. **Ingeniería de Detalle**: Etapa final que produce documentos "Aptos para Construcción". Incluye planillas de despiece de armaduras, uniones metálicas exactas y especificaciones de cada material, especificaciones de construcción, etc. El constructor ejecuta la obra basándose estrictamente en esta documentación. El presupuesto aquí es preciso, con un margen de error de **+/- 5% a 10%**. Nivel de definición técnica 100%

## 5. Gestión del Alcance y Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)

Según el PMI, gestionar el alcance significa asegurarse de que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, **y solo el trabajo requerido**, para completarlo con éxito. Esto evita la "corrupción del alcance" (trabajos adicionales no reconocidos que generan pérdidas).

**El PMI define tres procesos clave iniciales para el Alcance:**

1. **Recopilar requisitos**: Entender las necesidades exactas del cliente y la normativa.
2. **Definir el alcance**: Documentar con precisión qué se entregará y qué queda explícitamente excluido.
3. **Crear la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo / WBS)**: Traducir el alcance a una herramienta visual.

### ¿Dónde entra el Alcance en el Ciclo de Vida del PMI?

- **1. Inicio**: Nace a muy alto nivel en el "Acta de Constitución del Proyecto". Aquí se dice de forma macro qué se va a hacer (ej. "Construir un hospital de 50 camas").
- **2. Planificación**: Aquí ocurre el trabajo pesado. Se recopilan requisitos detallados, se redacta el "Enunciado del Alcance" y se crea la EDT. Se trazan las fronteras exactas del proyecto.

| ECONOMÍA EN INGENIERÍA CIVIL |      |
|------------------------------|------|
| UNIDAD 2 – A: Alcance        | 2026 |

- **3. Ejecución y Monitoreo:** Durante la obra física, el alcance sirve como escudo. El Director del Proyecto vigila constantemente que no ocurra la "corrupción del alcance" (ej. el cliente pide agregar un helipuerto que no estaba en el contrato ni presupuestado).

### Ejemplo Concreto para Determinar el Alcance

**Proyecto: Construcción de un tramo de Autopista de 20 km.** Para definir bien el alcance, es tan importante decir qué se hará, como dejar por escrito **qué no se hará:**

- **Incluye (Dentro del Alcance):** Movimiento de suelos, pavimentación de 4 carriles en 20 km, construcción de 2 cabinas de peaje, señalización horizontal/vertical, e iluminación exclusiva en la zona de peajes.
- **Excluye (Fuera del Alcance):** La expropiación de los terrenos aledaños (responsabilidad del Estado), la reubicación de postes eléctricos de alta tensión previos, y la iluminación a lo largo de los 20 km de ruta abierta.

### 5.1 La Estructura de Desglose del Trabajo (EDT / WBS)

Es la descomposición jerárquica del alcance total del proyecto en componentes más pequeños y manejables, hasta llegar a los "paquetes de trabajo". Es la columna vertebral del proyecto, ya que permite presupuestar con exactitud, armar el cronograma y certificar el avance.

**Ejemplo 1: EDT aplicada a INGENIERÍA (Diseño de un Acueducto)** Se suele dividir por disciplinas tecnológicas o fases de diseño.

- **1.0 Proyecto Diseño de Acueducto**
  - **1.1 Gestión del Proyecto:** Informes de avance, control de calidad.
  - **1.2 Estudios de Campo:** Topografía del trazado, estudios de suelos.
  - **1.3 Ingeniería Básica:** Trazado preliminar, cálculo de caudales.
  - **1.4 Ingeniería de Detalle Civil/Estructural:** Documentos constructivos de zanjas, cámaras y anclajes.
  - **1.5 Ingeniería de Detalle Electromecánica:** Documentos de la estación de bombeo y tableros.

**Ejemplo 2: EDT aplicada a CONSTRUCCIÓN (Ejecución de un Edificio de 3 Pisos)** Se suele dividir por ubicación espacial o sistemas constructivos físicos.

- **2.0 Proyecto Construcción Edificio**
  - **2.1 Trabajos Preliminares:** Instalación de obrador, cerco perimetral.
  - **2.2 Movimiento de Suelos:** Excavación de subsuelos, compactación.
  - **2.3 Estructura de Hormigón:**
    - 2.3.1 Fundaciones (Zapatas y vigas riostras).
    - 2.3.2 Superestructura (Columnas y losas).
  - **2.4 Albañilería e Instalaciones:** Mampostería, tabiques, cañerías, cableado.
  - **2.5 Terminaciones:** Revoques, colocación de pisos, carpinterías, pintura final.

## 5.2. Dicotomía Crítica: Alcance del Producto vs. Alcance del Proyecto

Esta distinción es clave porque permite **defender técnicamente** qué se debe entregar y **proteger económicamente** qué trabajos están incluidos (o no) dentro del contrato. Aunque ambos conceptos están relacionados, cumplen funciones completamente distintas y se miden con herramientas diferentes.

### 5.2.1: Alcance del Producto

El Alcance del Producto describe **qué cosa se está creando**: sus **funciones, características, capacidades, prestaciones técnicas, tamaño, materiales, normas aplicables** y **parámetros de desempeño**.

- Es el **resultado final** que el cliente recibirá.
- Se mide contra **requisitos, pliegos técnicos, normativa y criterios de aceptación**.

### Ejemplos (por tipo de proyecto)

---

#### A. Proyectos de Ingeniería (Diseño)

Aquí el “producto” es **documental y técnico**, no físico.

**Ejemplos de Alcance del Producto en proyectos de ingeniería:**

- “Diseñar un **sistema de captación y conducción** para un acueducto de 45 km, con caudal mínimo garantizado de 2 m<sup>3</sup>/s según normativa IRAM.”
- “Desarrollar la **ingeniería de detalle** de un puente de 120 m de luz, con tablero mixto acero-hormigón y verificaciones sísmicas según CIRSOC.”
- “Emitir el **Legajo Técnico Apto para Construcción**, que incluye estudios de suelo, memorias de cálculo, planos IFC y especificaciones técnicas.”

**Características:**

- El producto son **planos, memorias, especificaciones, modelos BIM**, etc.
- Se evalúa contra **requisitos de diseño**, normas y estándares del cliente.
- No incluye trabajos de obra, ni maquinaria, ni certificados de avance.

**B. Proyectos de Construcción (Obra)**

Aquí el “producto” es **un activo físico construido**.

**Ejemplos de Alcance del Producto en proyectos de construcción:**

- “Construir una **planta potabilizadora de 1200 L/s** con filtros rápidos, sedimentadores laminares y sistema de cloración automática.”
- “Ejecutar un **tramo de autopista de 20 km**, con pavimento rígido, dos puentes y señalización.”
- “Entrega de un **edificio de 3 pisos**, totalmente funcional y certificado.”

**Características:**

- El producto es un **activo tangible** terminado.
- Lo que se mide es que cumpla las **prestaciones**, normas y parámetros funcionales.
- No describe tareas específicas ni cómo se construirá: solo **qué debe existir al final**.

**5.2.2: Alcance del Proyecto**

| ECONOMÍA EN INGENIERÍA CIVIL |      |
|------------------------------|------|
| UNIDAD 2 – A: Alcance        | 2026 |

El Alcance del Proyecto describe **todo el trabajo necesario** para producir ese producto: actividades, procesos, métodos, entregables intermedios, recursos y gestiones.

- Es el **conjunto de tareas** que el equipo debe realizar.
- Se mide contra el **Plan de Gestión del Proyecto**, la **EDT/WBS**, cronograma y plan de calidad.

### Ejemplos (por tipo de proyecto)

---

#### A. Proyectos de Ingeniería (Diseño)

Describe **qué trabajo intelectual y coordinativo** debe hacerse.

#### Ejemplos de Alcance del Proyecto en ingeniería:

- “Realizar modelación BIM 3D del sistema estructural y detectar interferencias con instalaciones.”
- “Ejecutar ensayos de laboratorio geotécnico y análisis de capacidad portante.”
- “Coordinar talleres de constructibilidad con contratistas de obra antes del cierre del diseño.”
- “Generar las especificaciones técnicas, memorias, planos, presupuestos y cómputos.”

#### Características:

- Detalla **actividades del equipo técnico**.
  - Se mide con WBS, cronograma, y control de calidad documental.
  - No define características físicas de la obra final, sino el **trabajo para diseñarla**.
- 

#### B. Proyectos de Construcción (Obra)

Describe **los trabajos, procesos y recursos** para ejecutar físicamente el producto.

#### Ejemplos de Alcance del Proyecto en construcción:

---

| ECONOMÍA EN INGENIERÍA CIVIL |      |
|------------------------------|------|
| UNIDAD 2 – A: Alcance        | 2026 |

- “Movilización del obrador, instalación de cerco perimetral y trámites de permisos.”
- “Excavación en roca con voladura controlada y disposición del material.”
- “Hormigonado de fundaciones, montaje de vigas, encofrados y pretensado.”
- “Ensayos de laboratorio (probetas, densidades, slump test), control de calidad y certificaciones.”
- “Gestión de compras, logística de acero, hormigón y equipos especiales.”

#### Características:

- Se refiere a **cómo** se construye: tareas, procesos, métodos.
- Se mide con avances físicos, WBS, curva S, gestión de riesgos y calidad.
- No describe parámetros funcionales del activo final (eso es producto).

#### 5.2.3: Cuadro comparativo alcance

| Concepto             | Qué define  | Cómo se mide                         | Ejemplo Ingeniería                            | Ejemplo Construcción                               |
|----------------------|---|--------------------------------------|---|--|
| Alcance del Producto | El <b>resultado final</b> (características, desempeño, funciones) | Requisitos técnicos, pliegos, normas | “Diseño de puente de 120 m cumpliendo CIRSOC” | “Autopista 20 km con pavimento rígido y 2 puentes” |
| Alcance del Proyecto | El <b>trabajo necesario</b> para producir ese producto            | WBS, Plan de Gestión, cronograma     | “Modelado BIM, cálculos, estudios de suelo”   | “Movilización, excavación, hormigonado, ensayos”   |

#### RESEÑA BIBLIOGRÁFICA

1. **Project Management Institute (2025).** *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 8th Ed.
2. **Construction Industry Institute (CII).** *PDRI for Infrastructure Projects*. Austin, TX.
3. **Chandía, Mario (2000).** *Cómputo y Presupuesto*. Editorial Alsina. (Referencia para desglose de ítems).

## ECONOMÍA EN INGENIERÍA CIVIL

UNIDAD 2 – A: Alcance

2026

4. **Mochón, F. y Becker, V. (2003).** *Economía: Principios y Aplicaciones*. McGraw-Hill. (p. 8).

Cuestionario:

<https://gemini.google.com/share/25da5bbbd7a2>