

GESTIÓN DEL ALCANCE Y ESTIMACIÓN DEL COSTO DE PROYECTOS

NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERIA Y PAQUETES DE ENTREGABLES

1 - Nivel de Visualización (IV)

La visualización, también conocida como estudio de factibilidad, tiene por objeto establecer si la oportunidad de negocio tiene el potencial para justificar el desarrollo de inversiones. Se presentan diferentes alternativas técnicamente factibles, ventajas y desventajas de cada una de tal manera de contar con una lista corta de opciones a analizar con más profundidad en la siguiente fase.

Durante esta fase se fijan las bases del proceso, se identifican los productos y las materias primas, se proponen capacidades de procesamiento para alimentar la economía de escala y se proponen potenciales locaciones donde poder desarrollar el proyecto.

Se establece como la estimación de costo asociada al Proyecto en esta fase la **Clase 5** definida según la AACE N°. 18R-97 con el objetivo de evaluar la oportunidad de negocio.

2 - Ingeniería Conceptual (IC)

La Ingeniería Conceptual es la fase en la cual se realiza, a partir del desarrollo de alternativas propuestas, la selección de la opción más conveniente para los escenarios establecidos.

La Ingeniería Conceptual tiene por objetivo fundamental identificar la viabilidad técnica y económica de la/las alternativas visualizadas y establecer las pautas para el desarrollo de las etapas posteriores.

Durante esta etapa se fijan los objetivos deseados por el cliente, se estudian qué tipo de tecnologías aplican, se define el marco de normas técnicas que regularán los diseños, los diferentes sistemas que serán parte del Proyecto, los requerimientos de espacio y se establecen las especificaciones técnicas conceptuales y la filosofía que es preciso seguir para definir las especificaciones detalladas posteriores.

Se establece como la estimación de costo asociada al Proyecto en esta fase la **Clase 4** definida según la AACE N°. 18R-97 con el objetivo de evaluar la viabilidad del mismo y una aprobación preliminar del presupuesto asociado para definir luego la ejecución de las etapas siguientes.

3 - Ingeniería Básica (IB)

La Ingeniería Básica tiene por objetivo completar el alcance de la alternativa seleccionada durante la fase de Ingeniería Conceptual y desarrollar un plan de ejecución del proyecto que permita, en cierta medida, comprometer fondos o iniciar la gestión para obtener el financiamiento requerido.

Durante esta fase se fija el alcance del proyecto de manera concreta, se establecen las capacidades y las características de los productos y servicios que genera el proyecto, se definen los aspectos relacionados con el medioambiente y la seguridad, las filosofías operativas y la selección de materiales documentando los resultados obtenidos de forma completa y adecuada. Se establecen además las especificaciones detalladas que van a seguirse en las fases siguientes.

Se establece como la estimación de costo asociada al Proyecto en esta etapa la **Clase 3** definida según la AACE N°. 18R-97 con el objetivo de solicitar la aprobación presupuestaria del proyecto.

4 - Ingeniería Básica Extendida (IBE)

En la fase de Ingeniería Básica Extendida se complementa el conjunto de entregables elaborados en la Ingeniería Básica y se desarrolla un plan de ejecución de proyecto que comprometa los fondos y obtenga el financiamiento requerido para la ejecución de las fases restantes del Proyecto.

Adicionalmente a lo elaborado durante la Ingeniería Básica, se desarrollan entregables y se ejecutan actividades adicionales que tienen alto impacto en la definición detallada de Alcance del Proyecto, puliendo y perfeccionando los cálculos de materiales y montaje, de tal manera de alcanzar una mayor precisión en la estimación de costos y plazos.

En particular, en esta fase, se avanza en el diseño de todos los equipos, optimización de la implantación de equipos, análisis de constructibilidad, diseño de instalaciones de servicios, sala de control, subestación eléctrica, y demás instalaciones involucradas.

Los costos y plazos de entrega de los equipos más importantes o de largo plazo de entrega son definidos en esta etapa. Un paquete de Ingeniería Básica Extendida completo debe permitir preparar una oferta firme para un contrato EPC sin elaboración adicional del diseño.

Se establece como la estimación de costo asociada al Proyecto en esta etapa la **Clase 2** definida según la AACE N°. 18R-97 con el objetivo de solicitar la aprobación del proyecto.

5 - Ingeniería de Detalle (ID)

Durante la Ingeniería de Detalle se completa el desarrollo de toda la ingeniería del Proyecto al nivel de detalle constructivo.

Las estimaciones económicas asociadas a la ingeniería de detalle sirven a los efectos de chequear estimaciones realizadas previamente.

Se establece como la estimación de costo asociada al Proyecto en esta etapa la **Clase 1** definida según la AACE N°. 18R-97 con el objetivo de retroalimentar estimaciones previas.

Los entregables de la ingeniería de detalle deben ser suficientes para:

- Definir los materiales, conjuntos prefabricados y equipos a adquirir de tal modo que su cotización y proveedores sea inequívoca.
- Definir los métodos constructivos, criterios de aceptabilidad, pruebas, ensayos, etc. de las instalaciones a construir.
- Definir todos los aspectos geométricos y dimensionales necesarios para la fabricación y montaje de los componentes del proyecto.
- Definir todos los requerimientos de ensayos y pruebas de equipos y sistemas que comprenden las instalaciones.

6 - Ingeniería Conforme a obra (CAO)

La ingeniería conforme a obra tiene como finalidad brindar al comitente toda la información del proyecto para operar, mantener y finalmente desmantelar el Proyecto. Por lo tanto, la semejanza de la obra construida con los documentos conforme a obra resulta crítica y fundamental.

Es responsabilidad de los equipos de ingeniería y mantenimiento de cada instalación mantener adecuadamente actualizada la documentación conforme a obra, incluyendo modelos 3D o BIM.



II - RELACIÓN DE ALCANCE DE CADA FASE DE INGENIERÍA CON LA INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE COSTOS FINAL

Características de la Estimación de Costos / Etapa	IV	IC	IB	IBE	ID
Nivel de definición del Proyecto	0% a 2%	1% a 15%	10% a 40%	30% a 70%	50% a 100%
Clase de Estimación de Costos	5	4	3	2	1
Precisión de la Estimación de Costos	+65%-35%	+40%-20%	+20%-15%	+15%-10%	+10%-5%

III - EJEMPLOS DE ENTREGABLES DE INGENIERIA

1. INGENIERÍA DE VISUALIZACIÓN (IV) (también llamada Opportunity Study o FEL-1)

Objetivo de esta etapa

Responder tres preguntas:

1. ¿Tiene sentido técnico el proyecto?
2. ¿Cuál es el orden de magnitud del costo?
3. ¿Qué alternativas de solución existen?

Nivel de definición del proyecto: **0-2 %**

Precisión del costo: **Clase 5**

ENTREGABLES TÉCNICOS

1. Documento de Bases de Diseño (Design Basis – preliminar)

Es el documento más importante de la etapa. Define qué problema se quiere resolver.

Contenido típico:

- Objetivo del sistema
- Datos del proceso
- Restricciones del sitio

2. Estimación preliminar de carga térmica,

3. Diagrama de Bloques del Proceso (BFD)

Este documento no tiene instrumentos ni válvulas. Solo muestra funciones del sistema.

4. Identificación de alternativas de solución



5. Layout preliminar

Plano simple. Escala aproximada. No tiene dimensiones exactas.

6. Identificación preliminar de equipos

Listado conceptual:

Tag	Equipo
TK-101	tanque agua
P-101 A/B	bombas
L-101	línea enfriamiento

7. Estimación de costo Clase 5

ENTREGABLES DE GESTIÓN

Además de la parte técnica se entregan:

- cronograma preliminar
- evaluación económica
- recomendación de alternativa

2. INGENIERÍA CONCEPTUAL (IC) (FEL-2)

Objetivo

Definir cómo será el sistema seleccionado.

Nivel de definición: **1–15 %**

Precisión costo: **Clase 4**

ENTREGABLES TÉCNICOS

1. Bases de Diseño (Design Basis completo)

Este documento sirve como marco técnico que define los criterios, condiciones y supuestos bajo los cuales se desarrollará toda la ingeniería del proyecto.

Su función principal es establecer las condiciones de referencia del diseño, de modo que todas las disciplinas (proceso, piping, mecánica, civil, eléctrica, instrumentación, seguridad, etc.) trabajen bajo supuestos consistentes y verificables.

2. PFD – Process Flow Diagram

Documento central de ingeniería conceptual.

Incluye:

- caudales
- presiones
- temperaturas
- equipos principales

3. Balance hidráulico preliminar

4. Pérdidas de carga preliminares

5. Filosofía de operación

En ingeniería de procesos, una filosofía es un documento que define:

- principios rectores
- criterios generales
- estrategia de diseño u operación
- reglas de decisión

Es decir, establece cómo se pretende que el sistema funcione conceptualmente, antes de entrar en detalles técnicos. Por eso una filosofía no contiene cálculos detallados, planos y no define aún equipos específicos.

En definitiva es un documento que define **el enfoque de ingeniería que guiará el diseño.**

EJEMPLO:

En una planta de asfalto, la Filosofía de calefacción podría decir:

Principios:

- El asfalto no debe enfriarse por debajo de 130 °C.
- Se utilizará calefacción indirecta.
- El sistema será redundante para evitar solidificación.

A partir de eso luego se define:

- tipo de fluido térmico
- potencia de calentadores
- trazado de líneas de calefacción

6. Especificación conceptual de tuberías

7. Layout conceptual del sistema

Plano más desarrollado que el de visualización, ya que Incluye:

- rutas de cañerías con referencias
- distancias
- niveles
- Interferencias principales

8. Lista preliminar de válvulas

9. Especificación de bombas

10. HAZID preliminar

El HAZID (Hazard Identification Study) es una metodología sistemática destinada a identificar peligros potenciales asociados a un proyecto, instalación o proceso industrial en etapas tempranas de su desarrollo.



El objetivo principal es detectar riesgos técnicos, operacionales, ambientales y de seguridad antes de que el diseño esté completamente definido, permitiendo incorporar modificaciones en las fases iniciales de ingeniería.

Identificación de riesgos:

- sobrepresión
- cavitación bomba
- pérdida de flujo

11. Estimación de costo Clase 4 Precisión: $\pm 30\%$

Incluye:

- materiales
- construcción
- ingeniería

DIFERENCIA CLAVE ENTRE VISUALIZACIÓN Y CONCEPTUAL

Aspecto	Visualización	Conceptual
Alternativas	varias	una seleccionada
Cálculos	aproximados	preliminares
Diagramas	BFD	PFD
Layout	esquemático	preliminar
Equipos	lista simple	hojas de datos
Costo	Clase 5	Clase 4

Muchos problemas de ingeniería ocurren debido al mal abordaje de la etapa conceptual, se elabora sin profundidad y los errores típicos suelen ser:

- subestimar pérdidas de carga
- no considerar expansión térmica o fenómenos de cambios de flujos
- selección inadecuada de materiales

Y luego aparecen **sobrecostos en ingeniería básica**.