

# EQUIPOS E INSTALACIONES INDUSTRIALES

PROFESOR: ING. JORGE NOZICA

PROFESOR: ING. HÉCTOR PÉREZ

PROFESORA: ING. LETICIA SIMONCINI

**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CAPITAL DE EQUIPOS E  
INSTALACIONES INDUSTRIALES**

# INVERSIONES EN CAPITAL FIJO

La inversión de capital fijo es el costo total de diseño, construcción e instalación de una planta y las modificaciones asociadas necesarias para preparar el sitio de la planta.

se compone de:

1. La inversión en límites internos de la batería (ISBL): el costo de la planta en sí;
2. Las modificaciones y mejoras que deban realizarse en la infraestructura del sitio, conocidas como inversión offsite u OSBL;
3. Costos de ingeniería y construcción;
4. Gastos de contingencia.

# Costos ISBL

## Costos Directos

1. EQUIPOS DE PROCESOS: recipientes, reactores, columnas, hornos, intercambiadores de calor, enfriadores, bombas, compresores, motores, ventiladores, turbinas, filtros, centrífugas, secadores, etc., incluida la fabricación en campo y ensayos
2. COMPONENTES: tuberías, válvulas, cableado, instrumentos, estructuras, aislamiento, pinturas, aceites lubricantes, disolventes, catalizadores, etc.;
3. OBRAS CIVILES: caminos, cimientos, columnas, edificios, alcantarillas, zanjas, terraplenes, etc.;
4. MANO DE OBRA: Construcción y supervisión de la instalación.

## Costos indirectos

1. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN: alquiler de equipos de construcción, construcción temporal (aparejos, remolques, etc.), agua y energía temporales, talleres de construcción,
2. GASTOS DE SERVICIOS DE CAMPO: Comedores de obra, gastos de especialistas, horas extraordinarias los costos de los salarios y los costos climáticos adversos.
3. Seguros de construcción.
4. Beneficios y cargas laborales (Costos asociados a cargas laborales, compensación de trabajadores, etc.)
5. Gastos generales: honorarios de asesores, costos legales, derechos de importación, costos especiales de flete, impuestos locales, tasas de patentes o regalías, gastos generales corporativos, etc.

**Es importante definir cuidadosamente el alcance de ISBL, ya que otros costos del proyecto generalmente se estiman a partir del costo ISBL**

# Costos OSBL

Incluye los costos de las adiciones que se deben realizar a la infraestructura del sitio para adecuar nueva planta o el aumento de la capacidad de una planta existente.

- subestaciones eléctricas principales, transformadores y líneas eléctricas;
- plantas de generación de energía, motores de turbina, generadores de reserva;
- Calderas, tuberías de vapor, líneas de condensado, planta de tratamiento de agua de alimentación de calderas, suministro , bombas;
- Torres de enfriamiento, bombas de circulación, red de agua de refrigeración, agua de refrigeración tratamiento;
- Tuberías de agua, desmineralización de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales, drenaje y alcantarillas del sitio
- Plantas de separación de aire para proporcionar nitrógeno en el sitio para gas inerte, líneas de nitrógeno;
- Secadores y sopladores para aire de instrumentos, líneas de aire de instrumentos;
- Parrales de tuberías, tuberías de alimentación y productos
- Parques de Tanques, instalaciones de carga, transportadores, muelles, almacenes, ferrocarriles, elevadores y grúas;
- Laboratorios , equipos analíticos, oficinas, comedores, vestuarios, salas de control;
- Talleres e instalaciones de mantenimiento, servicios de emergencia, equipos de extinción de incendios, bocas de incendio, instalaciones médicas, etc.
- Seguridad del sitio, cercas, garitas y paisajismo.

# FASES DE ESTUDIO DE PROYECTOS DE INGENIERIA



## Visualización (V)

Estudio de factibilidad para establecer si la oportunidad de negocio tiene el potencial para justificar el desarrollo de las inversiones.

Se presentan diferentes alternativas técnicamente factibles con sus ventajas y desventajas, otorgando opciones a analizar en la siguiente fase.

2

## Ingeniería Conceptual (IC)

Fase en la cual se realiza, a partir del desarrollo de alternativas propuestas, la selección de la opción más conveniente para los escenarios establecidos.

Objetivo identificar la viabilidad técnica y económica de las alternativas visualizadas y establecer las pautas para el desarrollo de las etapas posteriores.

3

## Ingeniería Básica (IB)

Objetivo completar el alcance de la alternativa y desarrollar un plan de ejecución del proyecto que permita generalmente comprometer fondos o iniciar la gestión para obtener el financiamiento requerido.

Aquí se fija el alcance del proyecto de manera concreta, se establecen las capacidades y las características de los productos y servicios

4

## Ingeniería Básica Extendida (IBE)

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.



## Ingeniería de Detalle (ID)

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.

6

## Ingeniería Conforme a Obra (CAO)

brindar al comitente toda la información del proyecto para operar, mantener y Desmantelar el proyecto.

# NIVEL DE DESARROLLO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PROYECTOS DE INGENIERIA

**AACCE**  
 Association for the  
 Advancement of Cost  
 Estimating International

ESTIMATE CLASS	<i>Primary Characteristic</i>	<i>Secondary Characteristic</i>			
		LEVEL OF PROJECT DEFINITION Expressed as % of complete definition	END USAGE Typical purpose of estimate	METHODOLOGY Typical estimating method	EXPECTED ACCURACY RANGE Typical +/- range relative to best index of 1 [a]
<b>Class 5</b>	0% to 2%	Screening or Feasibility	Stochastic or Judgment	4 to 20	1
<b>Class 4</b>	1% to 15%	Concept Study or Feasibility	Primarily Stochastic	3 to 12	2 to 4
<b>Class 3</b>	10% to 40%	Budget, Authorization, or Control	Mixed, but Primarily Stochastic	2 to 6	3 to 10
<b>Class 2</b>	30% to 70%	Control or Bid/Tender	Primarily Deterministic	1 to 3	5 to 20
<b>Class 1</b>	50% to 100%	Check Estimate or Bid/Tender	Deterministic	1	10 to 100

Notes: [a] If the range index value of "1" represents +10/-5%, then an index value of 10 represents +100/-50%.  
 [b] If the cost index value of "1" represents 0.005% of project costs, then an index value of 100 represents 0.5%.

# Estimación rápida por método de Lang

$$C = F \left( \sum C_e \right)$$

$C$  = total plant ISBL capital cost (including engineering costs);  
 $\sum C_e$  = total delivered cost of all the major equipment items: reactors, tanks, columns, heat exchangers, furnaces, etc.

$F$  = an installation factor, later widely known as a Lang factor.

## Factores de Lang Tipo de Instalación

$F = 3.1$  for solids processing plant;

$F = 4.74$  for fluids processing plant;

$F = 3.63$  for mixed fluids-solids processing plant.

## Factores de Hand por tipo de Instalación de equipos

Equipment Type	Installation Factor
Compressors	2.5
Distillation columns	4
Fired heaters	2
Heat exchangers	3.5
Instruments	4
Miscellaneous equipment	2.5
Pressure vessels	4
Pumps	4

Método preliminar para aproximación, sus factores se actualizan periódicamente al menos cada 8 años al ajustarse la tecnología

# Estimación de Costos de Adquisición

## I - MÉTODO PARAMÉTRICO

$$C_e = a + bS^n$$

Ecuación paramétrica de costos

**Table 6.6.** Purchased Equipment Cost for Common Plant Equipment

Equipment	Units for Size, $S$	$S_{Lower}$	$S_{Upper}$	$a$	$b$	$n$	Note
<i>Agitators &amp; mixers</i>							
Propeller	driver power, kW	5.0	75.0	4,300	1,920	0.8	
Spiral ribbon mixer	driver power, kW	5.0	35.0	11,000	420	1.5	
Static mixer	Liters/s	1.0	50.0	780	62	0.8	
<i>Boilers</i>							
Packaged, 15 to 40 bar	kg/h steam	5,000.0	200,000.0	4,600	62	0.8	
Field erected, 10 to 70 bar	kg/h steam	20,000.0	800,000.0	-90,000	93	0.8	
<i>Centrifuges</i>							
High-speed disk	diameter, m	0.26	0.49	63,000	260,000	0.8	
Atmospheric suspended basket	power, kW	2.0	20.0	37,000	1,200	1.2	
<i>Compressors</i>							
Blower	$m^3/h$	200.0	5,000.0	4,200	27	0.8	
Centrifugal	driver power, kW	132.0	29,000.0	8,400	3,100	0.6	
Reciprocating	driver power, kW	100.0	16,000.0	240,000	1.33	1.5	

$$C_e = a + bS^n$$

Equipment	Units for Size, S	S <sub>Lower</sub>	S <sub>Upper</sub>	a	b	n	Note
<i>Exchangers</i>							
U-tube shell and tube	area, m <sup>2</sup>	10.0	1,000.0	10,000	88	1.0	
Floating head shell and tube	area, m <sup>2</sup>	10.0	1,000.0	11,000	115	1.0	
Double pipe	area, m <sup>2</sup>	1.0	80.0	500	1,100	1.0	
Thermosyphon reboiler	area, m <sup>2</sup>	10.0	500.0	13,000	95	1.0	
U-tube Kettle reboiler	area, m <sup>2</sup>	10.0	500.0	14,000	83	1.0	
Plate and frame	area, m <sup>2</sup>	1.0	180.0	1,100	850	0.4	3
<i>Filters</i>							
Plate and frame	capacity, m <sup>3</sup>	0.4	1.4	76,000	54,000	0.5	
Vacuum drum	area, m <sup>2</sup>	10.0	180.0	-45,000	56,000	0.3	
<i>Furnaces</i>							
Cylindrical	duty, MW	0.2	60.0	53,000	69,000	0.8	
Box	duty, MW	30.0	120.0	7,000	71,000	0.8	
<i>Packings</i>							
304 ss Raschig rings	m <sup>3</sup>			0	3,700	1.0	
Ceramic intalox saddles	m <sup>3</sup>			0	930	1.0	
304 ss Pall rings	m <sup>3</sup>			0	4,000	1.0	
PVC structured packing	m <sup>3</sup>			0	250	1.0	
304 ss structured packing	m <sup>3</sup>			0	3,200	1.0	4
<i>Pressure vessels</i>							
Vertical, cs	shell mass, kg	150.0	69,200.0	-400	230	0.6	5
Horizontal, cs	shell mass, kg	250.0	69,200.0	-2,500	200	0.6	
Vertical, 304 ss	shell mass, kg	90.0	124,200.0	-10,000	600	0.6	5
Horizontal, 304 ss	shell mass, kg	170.0	114,000.0	-15,000	560	0.6	
<i>Pumps and drivers</i>							
Single-stage centrifugal	flow Liters/s	0.2	500.0	3,300	48	1.2	
Explosion-proof motor	power, kW	1.0	2,500.0	920	600	0.7	
Condensing steam turbine	power, kW	100.0	20,000.0	-19,000	820	0.8	
<i>Reactors</i>							
Jacketed, agitated	volume, m <sup>3</sup>	0.5	100.0	14,000	15,400	0.7	
Jacketed, agitated, glass-lined	volume, m <sup>3</sup>	0.5	25.0	13,000	34,000	0.5	

# Estimación de Costos de Instalación

$$C = \sum_{i=1}^{i=M} C_{e,i,CS} [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_c + f_s + f_l)]$$

$f_m = \frac{\text{purchased cost of item in exotic material}}{\text{purchased cost of item in carbon steel}}$

**Table 6.4.** Typical Factors for Estimation of Project Fixed Capital Cost

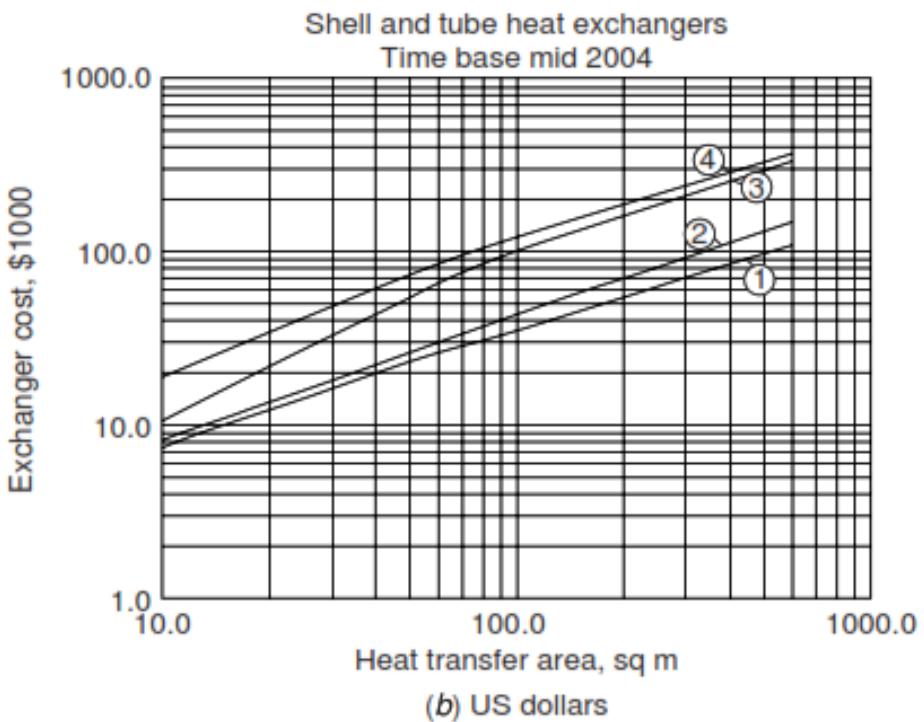
<b>Item</b>	<b>Fluids</b>	<b>Process Type</b>	
		<b>Fluids-Solids</b>	<b>Solids</b>
1. Major equipment, total purchase cost	$C_e$	$C_e$	$C_e$
$f_{er}$ Equipment erection	0.3	0.5	0.6
$f_p$ Piping	0.8	0.6	0.2
$f_i$ Instrumentation and control	0.3	0.3	0.2
$f_{el}$ Electrical	0.2	0.2	0.15
$f_c$ Civil	0.3	0.3	0.2
$f_s$ Structures and buildings	0.2	0.2	0.1
$f_l$ Lagging and paint	0.1	0.1	0.05
ISBL cost $C = \Sigma C_e \times$	3.3	3.2	2.5
Offsites (OS)	0.3	0.4	0.4
Design and Engineering (D&E)	0.3	0.25	0.2
Contingency (X)	0.1	0.1	0.1
Total fixed capital cost $C_{FC} = C(1 + OS)(1 + DE + X)$			
$= C \times$	1.82	1.89	1.82
$= \Sigma C_e \times$	6.00	6.05	4.55

**Table 6.5.** Materials Cost Factors,  $f_m$ , Relative to Plain Carbon Steel

<b>Material</b>	<b><math>f_m</math></b>
Carbon steel	1.0
Aluminum and bronze	1.07
Cast steel	1.1
304 stainless steel	1.3
316 stainless steel	1.3
321 stainless steel	1.5
Hastelloy C	1.55
Monel	1.65
Nickel and Inconel	1.7

## II - MÉTODO DE PARÁMETROS DE AJUSTE

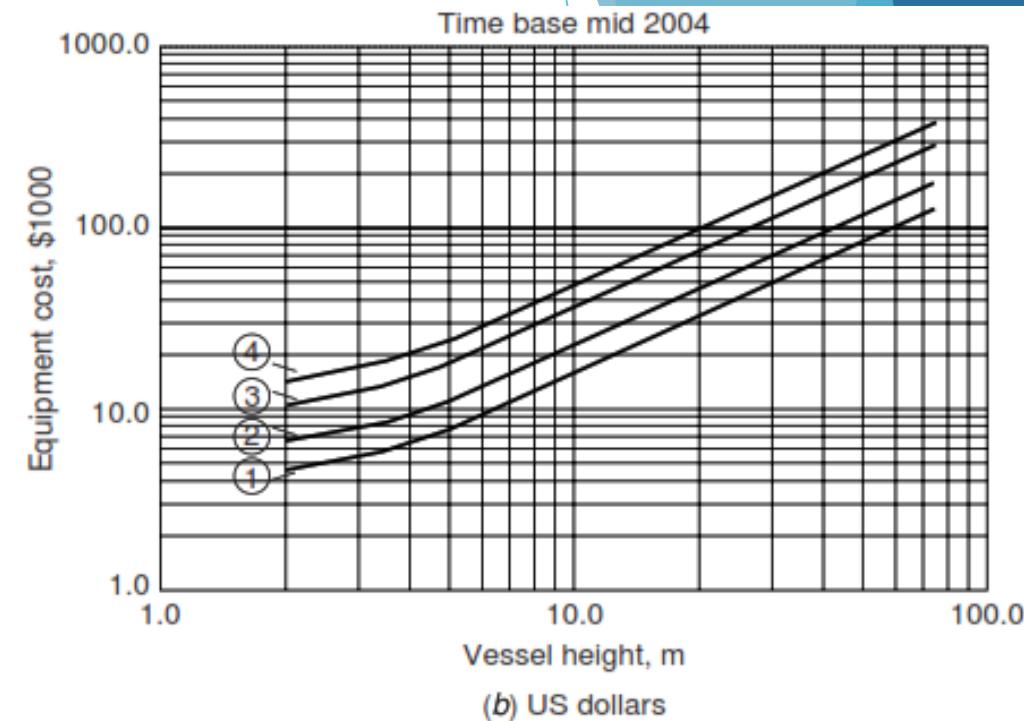
IQ C&T



Materials		Pressure factors		Type factors	
Shell	Tubes	1-10 bar	10-20	Floating head	Fixed tube sheet
(1) Carbon steel	Carbon steel	x 1.0	x 1.1	x 1.0	x 0.8
(2) C.S.	Brass	x 1.25	x 1.25	x 0.85	
(3) C.S.	Stainless steel	x 1.3	x 1.3	x 1.3	
(4) S.S.	S.S.	x 1.5	x 1.5		

Figure 6.3a, b. Shell and tube heat exchangers. Time base mid-2004  
Purchased cost = (bare cost from figure) × Type factor × Pressure factor

## Recipiente a presión VERTICAL



Diameter, m	Material factors	Pressure factors
(1) 0.5 m	C.S. x 1.0	1-5 bar x 1.0
(3) 2.0 m	S.S. x 2.0	5-10 x 1.1
(2) 1.0 m	Monel x 3.4	10-20 x 1.2
(4) 3.0 m	S.S. clad x 1.5	20-30 x 1.4
	Monel x 2.1	30-40 x 1.6
	clad	40-50 x 1.8
		50-60 x 2.2

Temperature up to 300°C

Figure 6.5a, b. Vertical pressure vessels. Time base mid-2004.  
Purchased cost = (bare cost from figure) × Material factor × Pressure factor

# Ajuste inflacionario

## CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX® (CEPCI)

(1957–59 = 100)

Apr. '24  
Prelim.

Mar. '24  
Final

Apr. '23  
Final

CEIndex	799.1	800.7	803.3
Equipment	1,003.6	1,006.3	1,014.3
Heat exchangers & tanks	805.0	810.6	832.8
Process machinery	1,036.9	1,034.1	1,041.8
Pipe, valves & fittings	1,340.1	1,342.5	1,397.5
Process instruments	574.9	569.8	567.2
Pumps and compressors	1,538.0	1,537.8	1,387.9
Electrical equipment	822.6	822.8	796.5
Structural supports & misc.	1,122.3	1,131.2	1,128.3
Construction labor	375.6	374.6	362.9
Buildings	809.5	812.6	808.5
Engineering & supervision	316.8	315.5	313.8

Annual Index:

2016 = 541.7

2017 = 567.5

2018 = 603.1

2019 = 607.5

2020 = 596.2

2021 = 708.8

2022 = 816.0

2023 = 797.9

Category for CECPI	%
Heat exchangers and tanks	17.1%
Process machinery	6.5%
Pipes, valves, fittings	9.6%
Process instruments	5.3%
Pumps and compressors	3.2%
Electrical equipment	3.5%
Structural supports and misc.	5.3%
Construction labor	29.0%
Engineering and supervisión	15.8%
Buildings (materials and contractors)	4.6%

Starting in April 2007, several data series for labor and compressors were converted to accommodate series IDs discontinued by the U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS). Starting in March 2018, the data series for chemical industry special machinery was replaced because the series was discontinued by BLS (see *Chem. Eng.*, April 2018, p. 76–77.)

<https://www.chemengonline.com/pci-home>

# Ejemplo