

## TEMA 3: ESTIMACIONES ECONÓMICAS

1. Evaluación económica de proyectos
2. Inversión
3. Costes
4. Ventas
5. Rentabilidad
  - 5.1. VAN
  - 5.2. TIR
6. Otros factores económicos
  - 6.1. Liquidez
  - 6.2. Riesgo
  - 6.3. Valor estratégico del proyecto



## 1. Evaluación económica de proyectos

- ❖ *¿Para qué?*
  - ❖ *Determinar la rentabilidad de la inversión.*
  - ❖ *Definir la mejor alternativa de inversión.*
  - ❖ *Analizar la sensibilidad del proyecto.*
- ❖ *¿Cuándo se hace?*
  - ❖ *Evaluación preliminar: Definición y alcance (estudios previos/conceptuales)*
    - ❖ *Poca información, muchas evaluaciones (alternativas)*
    - ❖ *Objetivo: Admitir costes iniciales para pasar a la Ingeniería de Proceso.*
  - ❖ *Evaluación definitiva: Al final de la IP o iniciada la ID*
    - ❖ *Tipo, número y tamaño de equipos conocidos*
    - ❖ *Ofertas de los equipos principales*
    - ❖ *Objetivo: Decidir definitivamente si se acomete el proyecto hasta su terminación.*
  - ❖ *Evaluación ex-post: Instalaciones en marcha y costes finales conocidos*
- ❖ *El proyecto será aceptable si:*
  - ❖ *Fondos de empresa: Rentabilidad > Uso alternativo del dinero*
  - ❖ *Fondos prestados: Rentabilidad > Tasa interés*

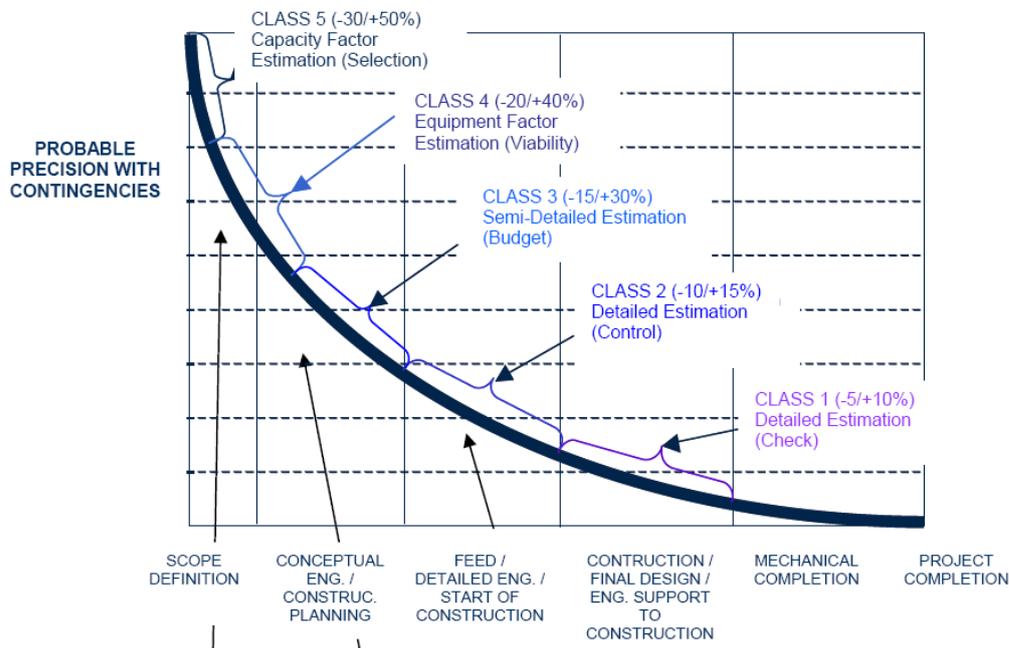
## 1. Evaluación económica de proyectos



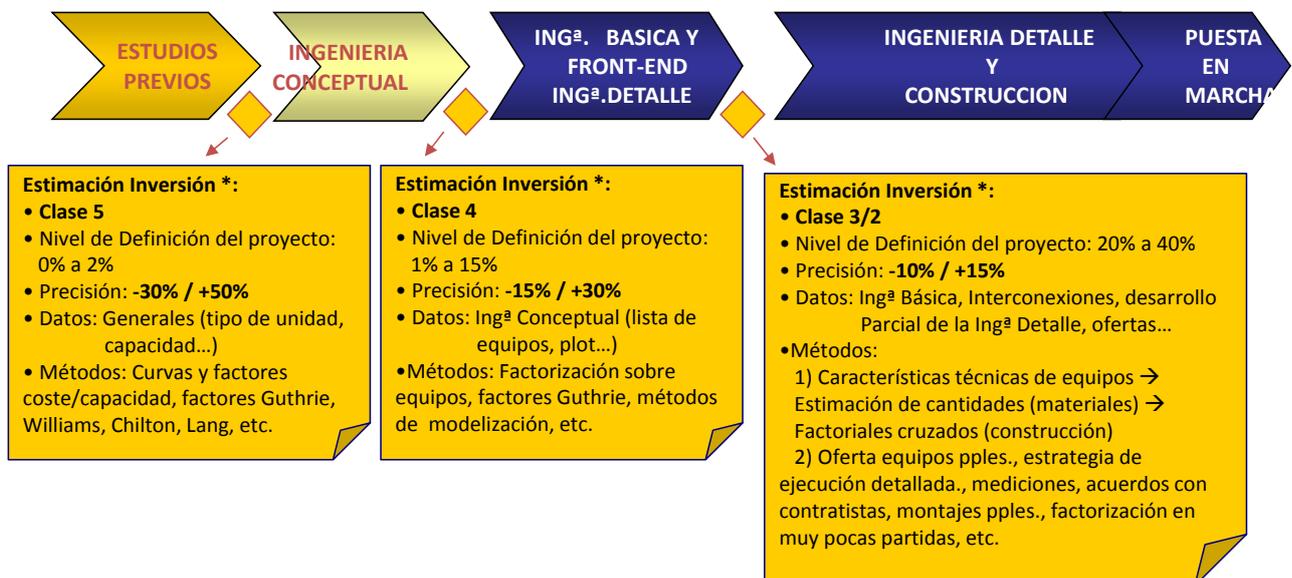
## 2. Inversión

- ❖ *Capital (conjunto de bienes, expresados en dinero) que hay que emplear para poner en marcha la planta y mantener la operación.*
- ❖ *Capital inmovilizado:*
  - ❖ *Parte del activo de una empresa constituido por todos los bienes y derechos necesarios para la realización de sus actividades, y que tienen carácter duradero.*
  - ❖ *Falta de liquidez (dificultad para convertirlo en dinero efectivo)*
  - ❖ *Terrenos, instalaciones, maquinaria, contratos y licencias...*
  - ❖ **Estimación:** *Métodos de relaciones, exponenciales, factoriales, de porcentajes...*
- ❖ *Capital circulante:*
  - ❖ *Conjunto de bienes (materiales o inmateriales) necesarios para mantener el ciclo de operación, que cambia sucesivamente de forma.*
  - ❖ *Liquidez (puede transformarse fácilmente en dinero efectivo)*
  - ❖ *Stock de materias primas y productos (intermedios, terminados o pendientes de cobro), repuestos, dinero efectivo en bancos/cajas, créditos.*
  - ❖ **Estimación:** *10-30% Inmovilizado para industrias con procesos químicos*

## 2. Inversión



## 2. Inversión



\*Fuente: AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering)

## 2. Inversión

Fuente: R.A. Corbitt, Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental, 2003.

**TABLA 1.19.** Métodos para determinar cantidades y precios unitarios

Componentes de costes	Estimación de prediseño		Estimación de diseño preliminar		Estimación de diseño intermedio		Estimación de diseño final	
	Cantidades	Precios unitarios	Cantidades	Precios unitarios	Cantidades	Precios unitarios	Cantidades	Precios unitarios
Equipo principal	Estimación detallada	Cotización de proveedor	Estimación detallada	Cotización de proveedor	Estimación detallada	Cotización de proveedor	Estimación detallada	Cotización de proveedor
Equipo secundario	% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		Estimación detallada	Guías de estimación	Estimación detallada	Cotización de proveedor
Tubería principal	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Guías de estimación	Estimación detallada	Contratistas locales
Tubería secundaria	% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Guías de estimación
Cemento	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Contratistas locales
Edificación	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Contratistas locales
Acero estructural	% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Contratistas locales
Metales varios	% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		Estimación detallada	Guías de estimación
Eléctrico	% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Guías de estimación
Instrumentación /control	% de costes del equipo principal		Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Cotización de proveedor	Estimación detallada	Cotización de proveedor
Pinturas y recubrimientos	% de costes del equipo principal		% de costes del equipo principal		Estimación aproximada	Guías de estimación	Estimación detallada	Cotización de proveedor

## 2. Inversión

### MÉTODOS DE RELACIONES

- Índice de rotación / Coeficiente de giro: Inmovilizado es función de las ventas.

$$\text{Coeficiente de Giro} = (\text{Ventas, €}) / (\text{Capital Inmovilizado, €}); \quad \text{Proc. químicos} \approx 0,97$$

- Relación de capital:

$$(\text{Capital Inmovilizado, €}) / (\text{Ventas anuales, €})$$

- Coeficiente de inmovilizado unitario:

$$(\text{Inmovilizado, €}) / (\text{Capacidad de prod., Tm/año ó m}^3/\text{día})$$



## 2. Inversión

### MÉTODOS EXPONENCIALES:

- Metodología de Williams: Inmovilizado es función de la capacidad (planta/equipo...)

$$I = a \cdot Q^b$$

Siendo a y b dos constantes. Para dos instalaciones de igual naturaleza y distinta capacidad se tendrá:

$$I_1 = a \cdot Q_1^b$$

$$I_2 = a \cdot Q_2^b$$

De donde:

$$I_2 = I_1 \cdot (Q_2/Q_1)^b$$

Por tanto, se calcula fácilmente la inversión  $I_2$  necesaria para otra planta semejante pero de capacidad  $Q_2$ , siempre que de disponga del valor del exponente b. Este exponente oscila entre 0,3 y 1. En industrias con procesos químicos se puede usar 0,67.



## 2. Inversión

### Metodología de Williams:

Tipo de proyecto	Indice coste – capacidad	Unidad de capacidad
Sistema de refrigeración	0'70	Toneladas
Tratamiento de aguas residuales (prim.)	0'68	Litros/día
Tratamiento de aguas residuales(p. y sec.)	0'75	Litros/día
Depósitos de almacenamiento	0'63	Litros
Planta de almacenamiento	0.67	Toneladas/día
Redes de distribución urbana de agua y gas	0.91	Ø tuberías
Redes de distribución urbana de agua y gas	0'82.	L instalada

## 2. Inversión

### Metodología de Williams:

TABLE 9-50 Typical Exponents for Equipment Cost versus Capacity

Equipment	Size	Unit	Approximate cost, \$000	Size range	Exponent
Agitator, turbine, top entry, open, FOB	10 (7.5)	hp (kW)	7.0	2-30 (1.5-22.4)	0.45
Agitator, turbine, top entry, closed, FOB	10 (7.5)	hp (kW)	10.7	2-200 (1.5-150)	0.56
Blower, centrifugal, 4 lbf/in <sup>2</sup> (27.6 kN/m <sup>2</sup> ), DEL, excluding motor	10 (4.72)	10 <sup>3</sup> ft <sup>3</sup> /min (sm <sup>3</sup> /s)	67	0.5-150 (0.24-71)	0.60
Cone crusher, FOB, crusher only	100 (74.6)	hp (kW)	130	30-300 (22.4-224)	0.92
Jaw crusher, FOB, excluding motor	10 (7.5)	hp (kW)	34	1-60 (0.75-44.7)	0.65
Jaw crusher, FOB, excluding motor	100 (74.6)	hp (kW)	284	60-400 (44.7-300)	0.81
Centrifugal pump, C/S, FOB, excluding motor	10 (7.5)	hp (kW)	1.6	0.5-40 (0.37-30)	0.30
Centrifugal pump, C/S, FOB, excluding motor	100 (74.6)	hp (kW)	4.4	40-400 (30-300)	0.67
Conveyor, belt, C/S, FOB, excluding motor	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	6.7	60-200 (5.6-18.6)	0.50
Conveyor, screw, C/S, DEL, excluding motor	70 (540)	ft × m diameter (m × mm diameter)	10	50-100 (390-780)	0.46
Centrifuge, automatic batch, horizontal, C/S, FOB	20 (1.86)	Filter area, ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	100	7-80 (0.65-7.43)	0.65
Compressor, reciprocating, <1000 lbf/in <sup>2</sup> , FOB, including motor	300 (224)	hp (kW)	133	1-20000 (0.75-1490)	0.84
Crystallizer, forced circulation, C/S, FOB	100 (91)	ton/day (Mg/day)	283	10-1000 (9.1-970)	0.59
Dryer, drum, C/S, FOB, excluding motor	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	73	10-400 (0.9-37)	0.52
Dryer, vacuum, shelf, C/S, FOB, excluding trays, vacuum equipment	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	17	15-1000 (1.4-93)	0.56

NOTE: All costs are North American values with M & S = 1000.

## 2. Inversión

### Metodología de Williams:

TABLE 9-50 Typical Exponents for Equipment Cost versus Capacity

Equipment	Size	Unit	Approximate cost, \$000	Size range	Exponent
Dust collector, cloth, shaker type, FOB, including motors	10 <sup>4</sup> (4.7)	ft <sup>3</sup> /min (m <sup>3</sup> /s)	17	10 <sup>3</sup> -5 × 10 <sup>4</sup> (0.47-23.6)	0.79
Dust collector, multicyclones, FOB	10 <sup>4</sup> (4.7)	ft <sup>3</sup> /min (m <sup>3</sup> /s)	7	10 <sup>3</sup> -1.5 × 10 <sup>5</sup> (0.47-70.8)	0.66
Electrostatic precipitator, FOB	10 <sup>4</sup> (4.7)	ft <sup>3</sup> /min at 40°C (m <sup>3</sup> /s)	77	10 <sup>3</sup> -8 × 10 <sup>4</sup> (0.47-73.8)	0.39
Ejector, single-stage, 100 psig, steam, FOB	2 × 10 <sup>3</sup> (94)	lb/h (air/mmHg absolute)	383	8 × 10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup> (37.8-472)	0.81
Ejector, two-stage, FOB, including condenser, piping	3 (10 <sup>-2</sup> )	lb/h (air/mmHg absolute)	2.7	0.2-30 (6.8 × 10 <sup>-4</sup> -0.1)	0.50
Ejector, multistage, FOB, including condenser, piping	1 (3.4 × 10 <sup>-3</sup> )	[kg/h/(N/m <sup>2</sup> )]	6.3	0.2-10 (6.8 × 10 <sup>-4</sup> -3.4 × 10 <sup>-2</sup> )	0.43
Ejector, multistage, FOB, including condenser, piping	10 (3.4 × 10 <sup>-2</sup> )	[kg/h/(N/m <sup>2</sup> )]	16.7	0.2-100 (6.8 × 10 <sup>-4</sup> -0.34)	0.26
Filter, vertical-pressure leaf, C/S, DEL	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	17	30-1500 (2.8-140)	0.57
Filter, plate and frame, C/S, DEL	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	5.7	10-1000 (0.9-93)	0.55
Filter, vacuum rotary drum, C/S, FOB, including motor	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	63.3	10-1500 (0.9-140)	0.48
Heat exchanger, shell-tube, floating head, C/S, DEL; fixed tube × 0.85; U tube × 0.87; kettle × 1.35	1000 (93)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	21.7	20-20000 (1.9-1860)	0.59
Heat exchanger, thermal screw, C/S, FOB, excluding motor	100 (9.3)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	33	10-400 (0.9-37)	0.78
Kettle, jacketed, glass-lined, FOB	100 (0.38)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	53	50-1000 (0.2-3.8)	0.48
Motors, ac induction, wound rotor, TEFC, FOB	10 (7.5)	hp (kW)	12.3	10-25 (7.5-18.6)	0.56
Motors, ac induction, wound rotor, TEFC, FOB	70 (52)	hp (kW)	19.3	25-200 (18.6-149)	0.77

NOTE: All costs are North American values with M & S = 1000.

## 2. Inversión

### Metodología de Williams:

TABLE 9-50 Typical Exponents for Equipment Cost versus Capacity

Piping, typical straight run, C/S, FOB, \$/ft					
Installed: \$/ft × 6 to 7	6 (152)	Nominal diameter in (mm)	0.0093	1–24 (25–610)	1.33
Complex network: FOB \$/ft × 2					
Installed: \$/ft × 13					
Pressure vessel horizontal drum (150 psig), C/S	1000 (3.8)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	6.3	100–80000 (0.4–302)	0.62
Jacketed reactors, including mixer, FOB	100 (0.38)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	9.3	10–4000 (0.04–15.1)	0.53
Refrigeration, packaged mechanical, INST	100 (351.7)	U.S. tons (kW)	133	10–1000 (35.2–3520)	0.73
Screen, vibrating, single-deck, DEL, including motor	500 (46)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	10	150–700 (14–65)	0.62
Stack, carbon steel		ft (m)	—	20–150 (6.1–45.7)	1.00
Tanks: atm, horizontal cylinder, C/S, FOB	1000 (3.8)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	4.7	100–40000 (0.4–151)	0.57
Vertical cylinder, C/S, FOB	1000 (3.8)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	3.3	100–20000 (0.4–76)	0.30
Vertical jacketed, C/S, FOB	1000 (3.8)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	15	70–1500 (0.26–5.7)	0.57
Vertical agitated, C/S, FOB, including motor	1000 (3.8)	U.S. gal (m <sup>3</sup> )	12.3	100–20000 (0.4–76)	0.50
Towers, distillation including internals, INST	4000 (trays)	$\left(\frac{\text{feed, lb/year}}{10^6}\right)^{0.65}$	3300	300–30000	1.00

NOTE: All costs are North American values with M & S = 1000.

FOB: free on board; DEL: delivered; INST: installed

Fuente: R.H. Perry, D.W. Green. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th ed., vol. II, McGraw-Hill, New York, 2003.

## 2. Inversión

### Metodología de Williams:

#### Ejemplo:

En 1975, una EDAR con una capacidad de tratamiento de 15.000 m<sup>3</sup>/día mediante tratamientos primarios y secundarios costó 996 millones de pesetas. ¿Cuánto costaría en 2013 una EDAR semejante con un caudal de diseño de 30.000 m<sup>3</sup>/día?

**Dato:** del 2013 al 1975, el índice de precios en esta industria (IPRI) ha subido un 70 %.

#### Solución:

El valor de la inversión en la moneda actual (euros) será:

$$996 \text{ MM pts} / (166,386 \text{ pts/ €}) = 5,99 \text{ millones €}$$

El valor actual de la inversión de 1975 será:

$$5,99 \times (170/100) = 10,18 \text{ millones €}$$

El valor de la inversión hoy de una planta de 30.000 Tm/año será (Regla de Williams):

$$I_2 = 10,18 \times (30.000/15.000)^{0,75} = 17,12 \text{ millones €}$$

## 2. Inversión

### MÉTODOS FACTORIALES

- **Factor de Lang:** Está basado en los costes de los equipos, incluyendo costes de transporte e impuestos (tasas o IVA). La inversión de la planta se obtiene sumando todos los costes de los equipos y multiplicando por un factor, según:

$$I = F_{\text{Lang}} \sum C_{p,i} ; \quad C_{p,i} \text{ es el coste de los equipos principales}$$

Incluye desde los costes de ingeniería hasta la construcción de todos los elementos de la planta, tanto costes directos como indirectos.

- **Otros factores:**  $I_{\text{ISBL}} = f \cdot \sum C_{\text{eq,DEL}} ; \quad C_{\text{eq,DEL}}$  es el coste del equipo principal entregado  
 $C_{\text{eq,DEL}} = (1,1 - 1,25) \cdot C_{\text{eq,FOB}}$

Tipo de Planta	Factor de Lang ( $F_{\text{Lang}}$ ) (típicos)	Factor f (típico)
Planta de Fluidos	4,74	4,8
Planta de Fluidos-Sólidos	3,63	4,1
Planta de Sólidos	3,10	3,8

Fuente: Perry's Chemical Engineers' Handbook.

## 2. Inversión

- **Factores de Guthrie:** Estimación del coste total de cada equipo principal.

a) El Inmovilizado (ISBL) se divide en partidas.

b) Todas las partidas se estiman como un porcentaje (factores) del coste FOB.

TABLE 9-56 Factors for Individual Items\*

Details	Exchangers			Vessels		Pump and driver	Compressor and driver	Tanks
	Furnaces	Shell and tube	Air-cooled	Vertical	Horizontal			
FOB equipment	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Piping	0.18	0.46	0.18	0.61	0.42	0.30	0.21	
Concrete	0.10	0.05	0.02	0.10	0.06	0.04	0.12	
Steel		0.03		0.08				
Instruments	0.04	0.10	0.05	0.12	0.06	0.03	0.08	
Electrical	0.02	0.02	0.12	0.05	0.05	0.31	0.16	
Insulation		0.05		0.08	0.05	0.03	0.03	
Paint			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Total materials = M	1.34	1.71	1.38	2.05	1.65	1.72	1.61	1.20
Erection and setting (L)	0.30	0.63	0.38	0.95	0.59	0.70	0.58	0.13
X, excluding site preparation and auxiliaries (M + L)	1.64	2.34	1.76	3.00	2.24	2.42	2.19	1.33
Freight, insurance, taxes, engineering, home office, construction		0.08		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Overhead or field expense	0.60	0.95	0.70	1.12	0.92	0.97	0.97	
Total module factor	2.24	3.37	2.46	4.20	3.24	3.47	3.24	1.41

\*From K. M. Guthrie, *Chem. Eng.*, 76, 114-142 (Mar. 24, 1969). Based on FOB equipment cost = 100 (carbon steel).

No incluye imprevistos, honorarios de contratistas, servicios auxiliares, preparación del sitio, terrenos y edificios industriales.

## 2. Inversión

### Factores de conversión por material:

**TABLE 9-58 Typical Factors for Converting Carbon Steel Cost to Equivalent-Alloy Costs**

Material	Pumps, etc.	Other equipment
All carbon steel	1.00	1.00
Stainless steel, Type 410	1.43	2.00
Stainless steel, Type 304	1.70	2.80
Stainless steel, Type 316	1.80	2.90
Stainless steel, Type 310	2.00	3.33
Rubber-lined steel	1.43	1.25
Bronze	1.54	
Monel	3.33	

Material	Heat exchangers
Carbon steel shell and tubes	1.00
Carbon steel shell, aluminum tubes	1.25
Carbon steel shell, monel tubes	2.08
Carbon steel shell, 304 stainless tubes	1.67
304 stainless steel shell and tubes	2.86

**ÍNDICES DE COSTE:** Se utilizan para corregir el precio por motivos de inflación/deflación.

$$\text{Coste año2} = \text{Coste año1} \cdot (\text{Índice año2}) / (\text{Índice año1})$$

- Índice de Precios de Consumo (IPC) } Instituto Nacional de Estadística ([www.ine.es](http://www.ine.es))  
- Índice de Precios Industriales (IPRI) }

- Marshall&Swift equipment-cost index  
- Hasta 2012: Revista "Chemical Engineering"  
- Desde 2012: [www.equipment-cost-index.com](http://www.equipment-cost-index.com)

## 2. Inversión

### MÉTODO DE LOS PORCENTAJES:

a) El Inmovilizado se divide en una serie de partidas:

1. Equipo principal: maquinaria y aparatos.
2. Materiales: tuberías, aislamientos, material eléctrico, estructuras, instrumentación, etc.
3. Terrenos y edificios auxiliares.
4. Gastos en licencias e Ingeniería de Proceso.
5. Gastos en Ingeniería de Detalle.
6. Construcción (incluyendo el gasto de supervisión).
7. Gastos de puesta en marcha.
8. Instalaciones para servicios auxiliares.
9. Instalaciones para off-sites (almacenamiento, antorcha, chimenea, etc.)
10. Contingencias e imprevistos.

b) Todas las partidas se estiman como un porcentaje de la partida 1 (equipo principal).

c) Los porcentajes se encuentran en la bibliografía especializada. A modo de ejemplo se tienen los siguientes porcentajes típicos para industria con procesos químicos (ver Tabla).

## 2. Inversión

**Ejemplo:**  
**Proc. químicos**

Partida	Porcentaje
Equipo (E)	E
Materiales (M)	(60%-70%) E
Obra Civil y Edificios	28%
Tuberías y estructuras	45%
Instrumentación	10%
Electricidad	10%
Aislamiento	5%
Pintura	2%
Ingeniería de Detalle:	
Proyectos grandes	15-20% (E+M)
Proyectos pequeños	40-50% (E+M)
Ingeniería de Proceso, licencias, catalizadores	No evaluable como %
Construcción	50-70 % (E+M)
Supervisión de la Construcción	10% (E+M)
<b>TOTAL ÁREA DE PROCESO (ISBL)</b>	<b>280%-390% (E)</b>
Servicios auxiliares	4% ISBL
Off-sites	8% ISBL
Gastos de puesta en marcha	3-4% ISBL
Contingencias e imprevistos	5-15% Total

## 2. Inversión

**TABLA 1.21. Factores de coste indirecto**

Costes indirectos	Porcentaje de los costes directos totales	Factores que afectan a los costes indirectos
1. Costes legales y administrativos	2-5	Dificultades de obtención de permisos Requerimientos para la adquisición de terrenos. Requerimientos de servicios legales externos.
2. Tasas de ingeniería	5-20	Complejidad del proyecto. Tamaño del proyecto. Servicios de ingeniería que se van a suministrar.
3. Contratista principal y beneficio	10-30	Emplazamiento geográfico. Grado de competencia. Tamaño del proyecto.
4. Interés durante la construcción	*	Tamaño del proyecto. Planificación del proyecto. Tasas de interés que prevalecen.
5. Imprevistos	2-50	Incertidumbres relativas a la definición de proyecto. Nivel de estimación de coste.

\* No se puede estimar con precisión como porcentaje de costes directos.

Fuente: R.A. Corbitt, Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental, 2003.

## 2. Inversión

**Ejemplo:**  
**Absorbedor de COV's en gases con carbón**

$$C_{\text{recipiente}} \text{ (1999 \$, F.O.B.)} = 271 \cdot S_{\text{externa}} \text{ (ft}^2\text{)}^{0,778}$$

$$C_{\text{carbón}} \text{ (1999 \$)} = 1,00 \cdot M_{\text{carbón}} \text{ (lb)}$$

Fuente: EPA, Air Pollution Control Cost Manual, 6th ed., 2002.

**Tabla 1.3:** Factores de Costos de Capital para Adsorbedores de carbón [11]

Costos Directos	
Costos de equipo comprado	
Adsorbedor + equipo auxiliar <sup>a</sup>	Según se estime, A
Instrumentación <sup>b</sup>	0.10 A
Impuestos sobre ventas	0.03 A
Fletes	0.05 A
<b>Costo de Equipo Comprado (PEC)</b>	
	<b>B = 1.18 A</b>
Costos directos de instalación	
Cimentación y soportes	0.08 B
Manejo y levantamiento	0.14 B
Eléctrico	0.04 B
tubería	0.02 B
Aislante	0.01 B
Pintura	0.01 B
<b>Costos directos de instalación</b>	
	<b>0.30 B</b>
Preparación del sitio	
Edificios	Según se requiera, SP
	Según se requiera, Bldg.
<b>Costos Directos Totales (DC)</b>	
	<b>1.30 B + SP + Bldg.</b>
Costos Indirectos (instalación)	
Ingeniería	0.10 B
Construcción Y gastos de campo	0.05 B
Honorarios de los contratistas	0.10 B
Arranque	0.02 B
Pruebas de funcionamiento	0.01 B
Contingencias	0.03 B
<b>Costos Indirectos Totales (IC)</b>	
	<b>0.31 B</b>
<b>Total Capital Investment = DC + IC</b>	
	<b>1.61 B + SP + Bldg.</b>

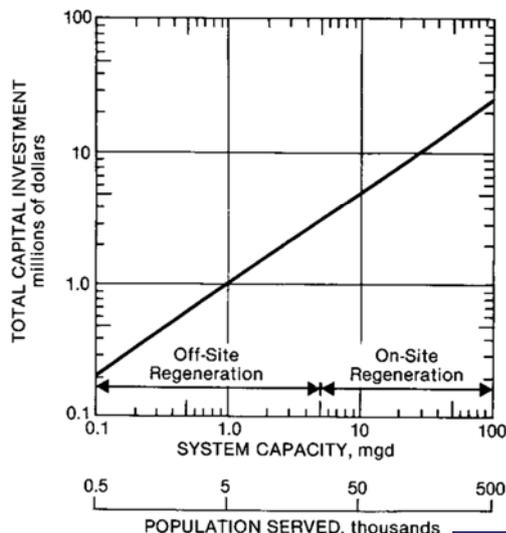
<sup>a</sup> Conductos y cualquier otro equipo normalmente no incluido con la unidad proporcionada por el proveedor del adsorbedor.  
<sup>b</sup> Instrumentación y controles frecuentemente proporcionados con el adsorbedor, y por tanto incluidos en el PEC.

## 2. Inversión

**Ejemplo: Absorbedor con carbón para aguas (1-100 MM galones/día)**

**Figure 2-22.** Granular activated carbon system for drinking water treatment - Total capital investment (March, 1980 dollars).

Costs based on regeneration frequency of 2 months. Costs below 2 mgd are by extrapolation.



**Table 1-2.** Format for Total Capital Investment

Item No. <sup>a</sup>	Item	Cost <sup>b</sup>
1-10	Direct cost items	- <sup>c</sup>
11	TOTAL DIRECT COST	
12-20	Indirect cost items (Engineering and construction and field expenses, other)	(F <sub>1</sub> x Item 11)
21	TOTAL BARE MODULE COST	(Item 11 + Items 12 through 20)
22	Contingency	(F <sub>2</sub> x Item 21)
23	Contractor's fee	(F <sub>3</sub> x Item 21)
27	Retrofit increment	(F <sub>4</sub> x Item 21)
24-26, 28-30	Other	(F <sub>5</sub> x Item 21)
31	TOTAL PLANT COST	(Item 21 + Items 22 through 30)
32	Interest during construction	(F <sub>6</sub> x Item 31)
33	Start-up	(F <sub>7</sub> x Item 31)
34	Other	(F <sub>8</sub> x Item 31)
35	TOTAL DEPRECIABLE INVESTMENT	(Item 31 + Items 32 through 34)
36	Land	(Direct calculation of cost)
37	Working capital	(F <sub>9</sub> x Item 35) <sup>d</sup>
38-40	Other	(F <sub>10</sub> x Item 35)
41	TOTAL CAPITAL INVESTMENT	(Item 35 + Items 36 through 40)

<sup>a</sup>For a detailed discussion of individual line items and item numbers see Uhl (1).

<sup>b</sup>F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, etc., refer to factors for cost element or line item.

<sup>c</sup>All installed equipment costs are added to arrive at total direct cost for the system.

<sup>d</sup>Other methods are also possible. See Uhl (1).

Fuente: EPA, The cost digest: Cost Summaries of Selected Environmental Control Technologies, 1984.

## 2. Inversión

Ejemplo:

Absorbedor con carbón para aguas  
(1-200 MM galones/día)

Includes: Excavation and sitework, manufactured equipment, concrete, steel, labor, pipes and valves, electrical equipment and instrumentation, housing, subcontractor's overhead and profit, and contingencies and miscellaneous (15%).

Fuente: EPA, Estimating water treatment costs, 1979.

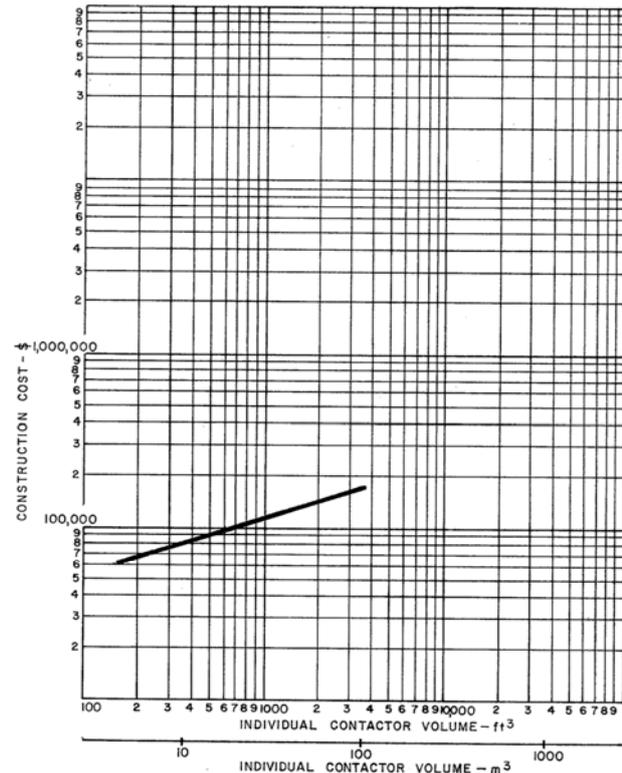


Figure 134. Construction cost for pressure carbon contactors.

## 3. Costes

- ❖ *Bienes y servicios consumidos para poder producir, expresados en dinero.*
- ❖ *Costes de fabricación/explotación:*
  - ❖ *Relacionados con el ciclo productivo / de tratamiento*
  - ❖ *Costes directos:*
    - ❖ *Consumidos directamente en la actividad productiva / de tratamiento*
    - ❖ *Materias primas, mano de obra directa, servicios auxiliares...*
  - ❖ *Costes indirectos:*
    - ❖ *Afectan al proceso productivo / de tratamiento en general de uno o más productos, por lo que no se puede asignar directamente a un solo producto.*
    - ❖ *Mantenimiento, laboratorio, mano de obra indirecta, **amortización**, alquileres, seguros*
- ❖ *Gastos generales:*
  - ❖ *No relacionados con la producción / tratamiento*
  - ❖ *Promoción, investigación, servicios técnicos, oficinas centrales...*

### 3. Costes

**TABLA 1.23. Factores de coste de operación y mantenimiento**

Elemento de coste	Bases de estimación	Fuente de datos
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curvas de coste publicadas para varias unidades de proceso.</li> <li>• Estimación de las necesidades globales de plantilla.</li> <li>• Tasas de coste de mano de obra en vigencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPA <i>Innovative and Alternative Technology Manual</i>.</li> <li>• <i>Benjes Handbook of Biological Treatment</i>.</li> <li>• Revistas y publicaciones periódicas.</li> <li>• EPA <i>State of the Art of Small Water Treatment Systems</i>.</li> </ul>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curvas de coste publicadas para varias unidades de proceso.</li> <li>• Caballos de fuerza totales a partir de la lista preliminar de motores.</li> <li>• Cálculos para los requerimientos de calentamiento/refrigeración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPA <i>Manual on Energy Conservation in Municipal Wastewater Treatment</i>.</li> <li>• EPA <i>State of the Art of Small Water Treatment Systems</i>.</li> <li>• Revistas y publicaciones periódicas.</li> </ul>
Restauración y reemplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de coste de equipos.</li> <li>• Tiempo de dosificación estimados de caudales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimación de costes de equipos.</li> <li>• <i>Chemical Marketing</i>.</li> <li>• Revistas.</li> <li>• Vendedores de productos químicos.</li> </ul>
Vertido de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste estimado por unidad de agua vertida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato para vertido de residuos.</li> </ul>
Otros costes diversos (tasas, seguros...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características del emplazamiento.</li> </ul>	

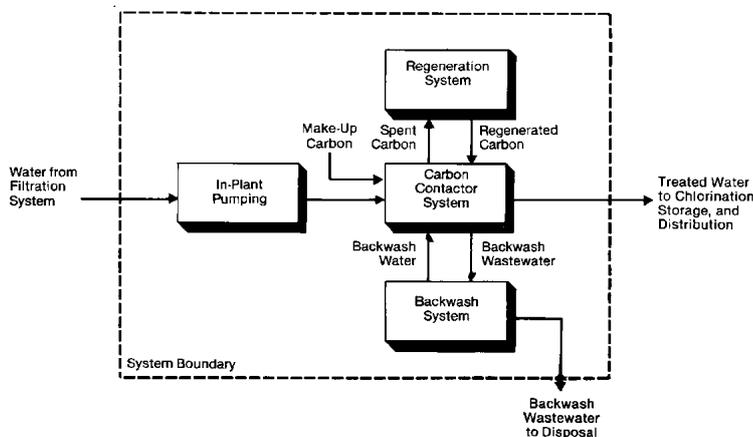
**Materias primas / Prod. químicos**

Fuente: R.A. Corbitt, Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental, 2003.

### 3. Costes

#### Ejemplo: Absorbedor con carbón para aguas (1-100 MM galones/día)

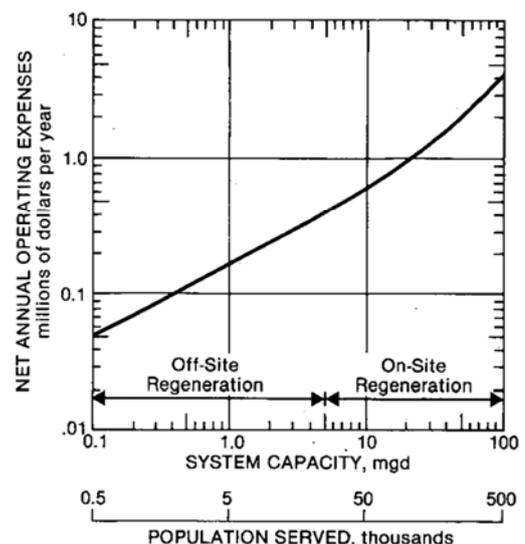
Figure 2-21. Granular activated carbon system for drinking water treatment.



Fuente: EPA, The cost digest: Cost Summaries of Selected Environmental Control Technologies, 1984.

Figure 2-23. Granular activated carbon system for drinking water treatment - Net annual operating expenses (March, 1980 dollars).

Costs based on regeneration frequency of 2 months. Costs below 2 mgd are by extrapolation.



### 3. Costes

Ejemplo: Absorbedor con carbón (1-200 MM galones/día)

Fuente: EPA, Estimating water treatment costs, 1979.

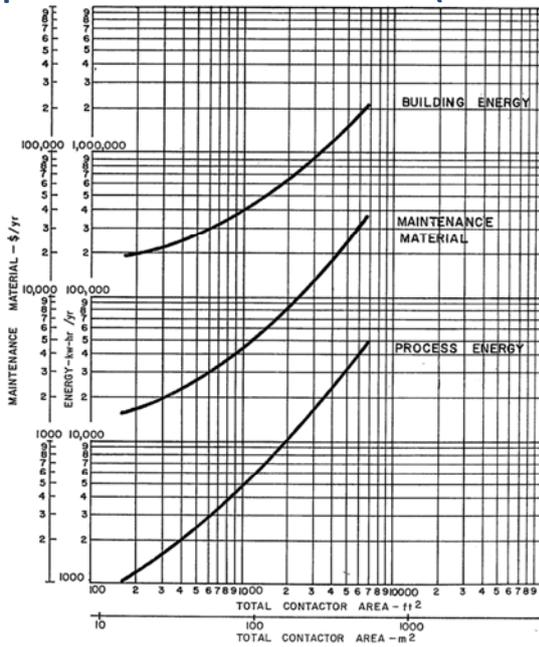


Figure 135. Operation and maintenance requirements for pressure carbon contactors - building energy, process energy, and maintenance material

Tema 3: Estimaciones Económicas

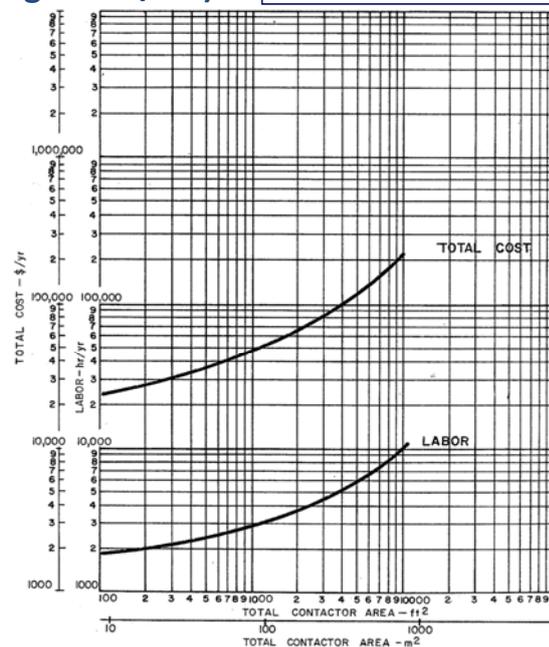


Figure 136. Operation and maintenance requirements for pressure carbon contactors - labor and total cost.

Arturo J. Vizcaíno

27

### 3. Costes

#### Amortización

*Depreciación efectiva que experimentan los bienes del activo fijo (maquinarias, instalaciones, propiedades, etc.) por razón de su uso, obsolescencia o transcurso del tiempo*

- ❖ Lineal (p.e. 10% anual)
- ❖ Progresiva (p.e. función de ventas)
- ❖ ..... lo marca la Ley
- ❖ No se puede amortizar hasta el primer año productivo
- ❖ Existen Tablas de amortización, dependiendo del tipo de activo o servicio

### 3. Costes

## Amortización

#### AGRUPACION 16. CAPTACION, DEPURACION Y DISTRIBUCION DE AGUA

	Coefficiente lineal máximo - Porcentaje	Período máximo - Años
1. Obras hidráulicas:		
Obra civil	3	68
Equipamiento electromecánico	5	40
2. Depósitos y tanques	4	50
3. Red de distribución	6	34
4. Instalaciones elevadoras	10	20
5. Instalaciones de filtraje	7	30
6. Instalaciones depuradoras por cloración	10	20
7. Instalaciones complementarias mecánicas y eléctricas	6	34

Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

### 3. Costes

## Amortización

Tipo de elemento	Coefficiente lineal máximo	Periodo de años máximo
Obra civil		
Obra civil general	2%	100
Pavimentos	6%	34
Infraestructuras y obras mineras	7%	30
Centrales		
Centrales hidráulicas	2%	100
Centrales nucleares	3%	60
Centrales de carbón	4%	50
Centrales renovables	7%	30
Otras centrales	5%	40
Edificios		
Edificios industriales	3%	68
Terrenos dedicados exclusivamente a escombreras	4%	50
Almacenes y depósitos (gaseosos, líquidos y sólidos)	7%	30
Edificios comerciales, administrativos, de servicios y viviendas	2%	100
Instalaciones		
Subestaciones. Redes de transporte y distribución de energía	5%	40
Cables	7%	30
Resto instalaciones	10%	20
Maquinaria	12%	18
Equipos médicos y asimilados	15%	14

Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades.  
Real Decreto 634/2015, de 10 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

## 4. Ventas

- ❖  $Ventas = Producción\ anual \times Precio\ de\ venta$
- ❖ *Producción condicionada por:*
  - ❖ *Mercado potencial de productos/electricidad y cuota de mercado objetivo*
  - ❖ *Disponibilidad de materias primas/recursos energéticos*
  - ❖ *Disponibilidad de recursos económicos*
- ❖ *Precio de venta determinado por:*
  - ❖ *Las condiciones de mercado (análisis de mercado):*
    - ❖ *Análisis del entorno y del sector*
    - ❖ *Clientes*
    - ❖ *Competidores*
    - ❖ *Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades)*
  - ❖ *Tarifas reguladas*
- ❖ *Subvenciones / subsidios*

## 5. Rentabilidad

- ❖ *Beneficio comparado con el total de recursos empleados para obtener esos beneficios.*

$$Rentabilidad = Beneficios/Inversión \times 100$$

- ❖ *Rentabilidad bruta porcentual (antes de impuestos):*
  - ❖ *Beneficios brutos ( $B_b$ ) = Ingresos anuales por venta ( $V$ ) – Costes anuales ( $C$ )*
  - ❖  $r_{bp} = (B_b/P) \times 100 = [(V-C)/P] \times 100$       *P: Capital invertido*

- ❖ *Rentabilidad neta porcentual (después de impuestos):*
  - ❖ *Beneficios netos ( $B_n$ ) =  $V - C - U$       *U: Impuestos anuales**
  - ❖  $r_{np} = (B_n/P) \times 100 = [(V-C-U)/P] \times 100$
  - ❖ *Impuesto sobre beneficios general: 25 %*

Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades.

~~❖ *Deducción en la cuota íntegra del 8% de las inversiones medioambientales con la Administración*~~

~~Ley 2-2011 de Economía Sostenible~~

- ❖ *Limitaciones:*
  - ❖ *No fijan un horizonte temporal del proyecto.*
  - ❖ *No tienen en cuenta el valor cronológico del dinero.*

## 5. Rentabilidad

- ❖ *El análisis económico de un proyecto requiere:*
  - ❖ *Definir un horizonte temporal del proyecto.*
  - ❖ *Hacer un análisis del flujo de fondos invertidos y generados a lo largo del tiempo.*
  - ❖ *Valor cronológico del dinero: relacionar los flujos de fondos mediante un tipo de interés de referencia que represente el uso alternativo o el coste de utilización del dinero.*
    - ❖ *Si se dispone de  $P$ , se puede tener depositado en un banco a un tipo de interés fijo o se puede invertir en otro proyecto.*
    - ❖ *Si no se dispone de  $P$ , se puede pedir financiación a un determinado tipo de interés.*
    - ❖ *Rentabilidad > Tipo de interés de referencia*

## 5. Rentabilidad

- ❖ *Horizonte temporal:*
  - ❖ *Vida física de la planta (> 20 años)*
  - ❖ *Vida comercial del producto.*
  - ❖ *Vida tecnológica del proceso*
  - ❖ *Plantas con procesos químicos: 10-15 años desde P.E.M. (conservador); Instalaciones de tratamiento de aguas: 20-40 años (excepto ciertos equipos).*
- ❖ *Análisis del flujo de fondos invertidos y generados:*
  - ❖ *Capital empleado (Inmovilizado + Circulante) → Curva de inversión*
  - ❖ *Beneficios después de impuestos.*
  - ❖ *Valor residual del inmovilizado (se recupera al final de la vida del proyecto). Normalmente se considera nulo.*
  - ❖ *Capital circulante: se recupera al final de la vida del proyecto.*
  - ❖ *Amortización del inmovilizado: es un coste para el cómputo de los beneficios ("escudo fiscal"); sin embargo, no constituye un desembolso en efectivo y se suma de nuevo a los beneficios netos para el cálculo del flujo de fondos.*

## 5. Rentabilidad

❖ *Análisis del flujo de fondos invertidos y generados (Ejemplo):*

	Tiempo (años)							
	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	...	t=11	t=12
Capital Inmovilizado (I)	(100)	(500)	(400)					0 (VR)
Capital Circulante (T)			(100)					100
Total Fondos Invertidos (FI)	(100)	(500)	(500)					100
Ventas (V)				300	300		300	300
Costes excluida amortización (C)				(100)	(100)		(100)	(100)
Amortización (A)				(100)	(100)		(100)	(100)
Beneficios antes de Impuestos (BAI=V-C-A)				100	100		100	100
Impuestos (I=0,35·BAI)				(35)	(35)		(35)	(35)
Beneficios después de Impuestos (BDI=BAI-I)				65	65		65	65
Fondos Generados (FG=BDI+A)				165	165		165	165
Movimiento de fondos o flujo de caja (FG-FI)	(100)	(500)	(500)	165	165		165	265

## 5. Rentabilidad

### CRITERIO DEL FLUJO NETO TOTAL DE CAJA POR UNIDAD MONETARIA COMPROMETIDA:

$$r' = \frac{\sum_{j=1}^n FC_j}{FI}$$

FC<sub>j</sub>: Flujo de caja (cash flow, FC) en el año j de operación  
FI: Fondos invertidos

$r' > 1 \rightarrow$  Inversión (más rentable cuanto mayor sea su valor)

### CRITERIO DEL FLUJO NETO MEDIO ANUAL POR UNIDAD MONETARIA COMPROMETIDA:

$$\bar{r}' = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n FC_j}{FI} = \frac{\overline{FC}}{FI}$$

FC: Flujo de caja (cash flow, FC) en el año j de operación  
n: nº años (de operación)  
 $\overline{FC}$ : Flujo de caja neto medio anual  
FI: Fondos invertidos

**Más rentable cuanto mayor sea su valor**

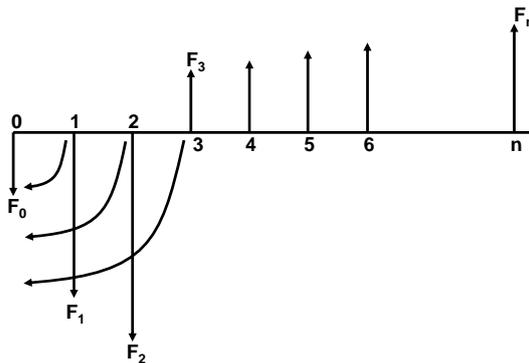
**Favorece las inversiones de corta duración y elevados flujos de caja**

**Comparación de inversiones de duración parecida**

## 5. Rentabilidad

### ❖ Valor cronológico del dinero:

- ❖ *Inflación: Aumento generalizado de los precios de bienes y servicios sostenido durante un período de tiempo determinado (típ. anual, 2-4%).*
- ❖ *Interés compuesto: Los intereses que se obtienen al final de cada período no se retiran sino que se reinvierten junto con el capital inicial.*



$$F = P \cdot (1 + i)^n$$

*F: Capital futuro  
P: Capital presente  
i: Tasa de interés  
n: Año desde inicio del proyecto*

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

## 5. Rentabilidad

### CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN):

FC anuales actualizados y corregidos a t=0 aplicando un tipo de interés de referencia (k).

$$F_0; F_{1c} = F_1/(1+k); F_{2c} = F_2/(1+k)^2; \dots; F_{nc} = F_n/(1+k)^n$$

$$VAN_k = \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+k)^j}$$

Excedente económico (+ o -) generado por encima de k, como valor absoluto.

$VAN > 0 \rightarrow$  Proyecto se puede acometer ;  $VAN < 0 \rightarrow$  Proyecto no debe llevarse a cabo

$VAN = 0 \rightarrow$  No aumenta la riqueza, pero permite remunerar a los accionistas.

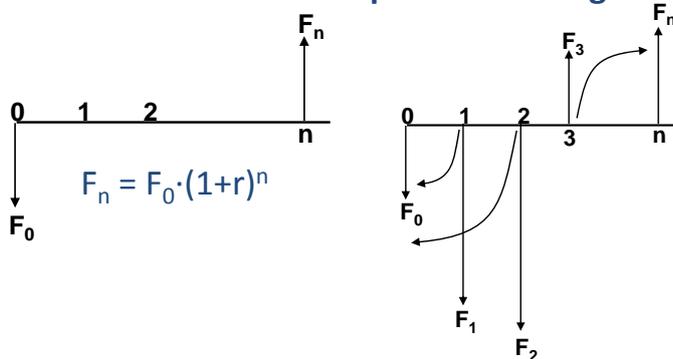
### Tipo de interés de referencia:

- Relacionado con el uso alternativo o coste de utilización del dinero.
  - Fondos propios: Mínimo retorno esperado por accionistas
  - Fondos externos: Tipo de interés medio de las fuentes de financiación
- Tasas de corte según naturaleza del proyecto (estrategia empresarial, riesgo...).
- Se puede considerar que no sea constante con el tiempo  $\rightarrow k_1, k_2, \dots, k_n$

## 5. Rentabilidad

### TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR):

Tipo de interés anual con el que los fondos generados retribuyen a los fondos invertidos.



Fondos Invertidos totales  $\rightarrow t=0$   
 $F_0 + F_1/(1+r) + F_2/(1+r)^2$

Fondos generados totales  $\rightarrow t=n$   
 $F_3 \cdot (1+r)^{n-3} + F_4 \cdot (1+r)^{n-4} + \dots + F_n$

$$F_3 \cdot (1+r)^{n-3} + F_4 \cdot (1+r)^{n-4} + \dots + F_n = [F_0 + F_1/(1+r) + F_2/(1+r)^2] \cdot (1+r)^n$$

$$F_3/(1+r)^3 + F_4/(1+r)^4 + \dots + F_n/(1+r)^n = F_0 + F_1/(1+r) + F_2/(1+r)^2$$

$$-F_0 - F_1/(1+r) - F_2/(1+r)^2 + F_3/(1+r)^3 + F_4/(1+r)^4 + \dots + F_n/(1+r)^n = 0$$

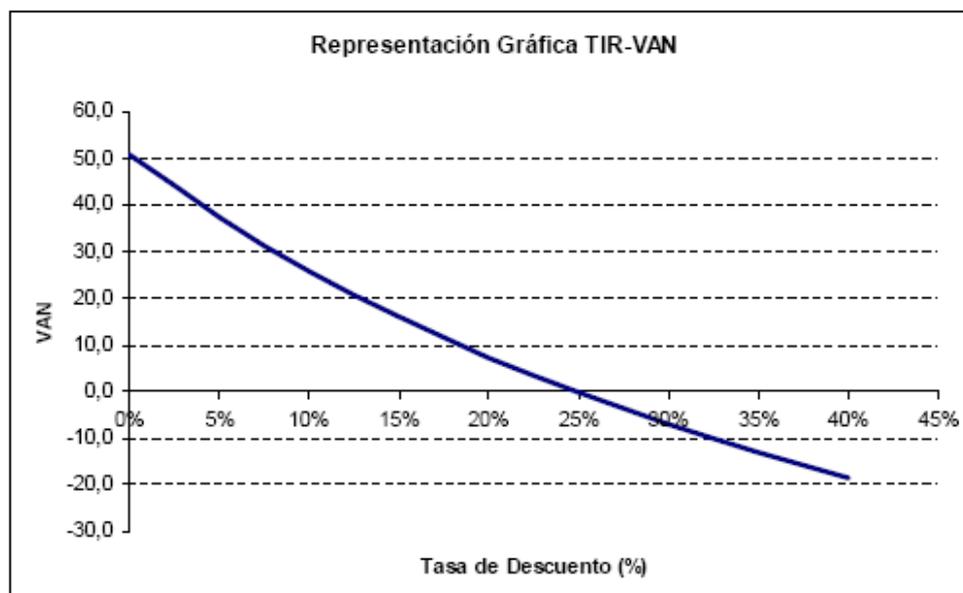
$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+r)^j} = 0$$

Tipo de interés  $r$  que hace que el VAN de un proyecto sea nulo.

$TIR > k \rightarrow$  Proyecto atractivo

## 5. Rentabilidad

### TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR):



## 6. Otros factores económicos

### 6.1. Liquidez

- ❖ Capacidad para recuperar más o menos rápidamente los fondos invertidos a través de la generación de fondos.

#### CRITERIO DEL PLAZO DE RECUPERACIÓN (PAY-BACK):

Tiempo que tarda en recuperarse el desembolso inicial.

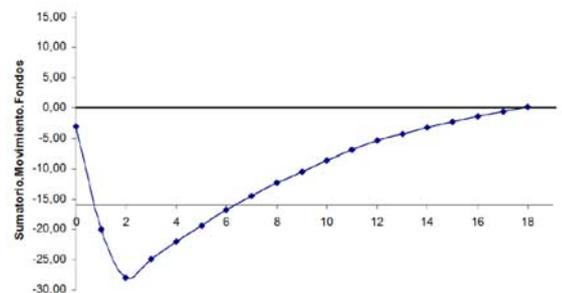
$$P = \frac{FI}{\overline{FC}}$$

$\overline{FC}$ : Flujo de caja neto medio anual

FI: Fondos invertidos

Mejor inversión cuanto más corto sea el plazo.  
No tiene en cuenta los FC generados tras recuperación.  
Favorece los proyectos de corta duración.

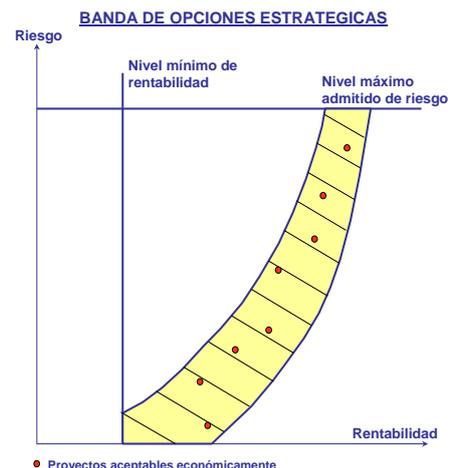
Si se actualizan los flujos de caja → Pay-back dinámico



## 6. Otros factores económicos

### 6.2. Riesgo

- ❖ Posibilidad de que el rendimiento de la inversión se aleje del valor calculado.
- ❖ Incertidumbre en el cálculo de parámetros:
  - ❖ Ventas, costes, inmovilizado, duración de la construcción...
  - ❖ Cuantificación → Estudios de Sensibilidad de la rentabilidad
- ❖ Otras incertidumbres:
  - ❖ Competencia industrial, obsolescencia, riesgo del país...
  - ❖ Prudencia:
    - ❖ Elevar tipo de interés de referencia
    - ❖ Acortar el horizonte temporal
- ❖ Proyecto de mayor riesgo → Mayor rentabilidad



### 6.3. Valor estratégico del proyecto