

# ECONOMÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Ingeniería Civil · 4.º año · Semestre 8

## UNIDAD 4

Formulación y Evaluación de Proyectos Civiles

Facultad de Ingeniería · Universidad Nacional de Cuyo

## Contenidos

---

1. Introducción: Ciclo de vida y formulación de proyectos
2. Matemática Financiera: Interés Simple y Compuesto
3. Tasas, Costo Financiero Total e Inflación en Argentina
4. Renta y Amortización: Sistemas Francés y Alemán
5. Presupuesto y Flujo de Fondos de un Proyecto de Obra Civil
6. Indicadores Económicos: VA, VAN, TIR, IVAN y Relación B/C
7. Criterios para la Toma de Decisiones y Priorización
8. Análisis de Sensibilidad y Riesgo
9. Evaluación Integral: Factores más allá de lo Económico
10. El RIGI y su Impacto en la Evaluación de Proyectos
11. Bibliografía de Base

## 1. Introducción: Ciclo de vida y formulación de proyectos

Todo proyecto de ingeniería civil —un puente, una red de agua potable, una ruta, una planta depuradora— requiere antes de su ejecución un análisis riguroso que justifique la asignación de recursos escasos. La formulación y evaluación de proyectos provee ese marco, combinando matemática financiera con criterios de decisión económica, social y ambiental.

En el contexto argentino de 2026 este análisis cobra especial relevancia: la transformación del escenario macroeconómico (inflación que descendió desde el 211% en 2024 hacia valores del orden del 35–45% proyectado para 2026, con tasas de interés en proceso de normalización) exige que el ingeniero civil comprenda cómo estos factores impactan en la viabilidad de sus proyectos.

### Ciclo de vida de un proyecto civil

- Preinversión: identificación, perfil, prefactibilidad y factibilidad.
- Inversión: ingeniería de detalle, contratación y construcción.
- Operación y mantenimiento: generación de beneficios y servicios.
- Cierre o liquidación: valor residual de activos.

#### Caso integrador — Red de agua potable en Lavalle, Mendoza

Un municipio analiza construir una red de agua potable para 3.000 habitantes.

Inversión: \$ 450.000.000 | Vida útil: 20 años | Tasa de descuento: 10% anual en USD.

Este caso se retoma a lo largo de la unidad para ilustrar cada herramienta de evaluación.

## 2. Matemática Financiera: Interés Simple y Compuesto

El dinero tiene valor en el tiempo: un peso hoy vale más que un peso mañana porque puede invertirse y generar rendimientos. Comprender cómo crece el dinero según el régimen de interés es la base de toda evaluación económica.

### 2.1 Interés Simple

Los intereses se calculan siempre sobre el capital inicial, sin importar los períodos transcurridos. El capital crece de forma lineal, a ritmo constante.

$$M = C \cdot (1 + i \cdot n) \quad \text{donde } C = \text{capital inicial, } i = \text{tasa por período, } n = \text{cantidad de períodos}$$

#### Ejemplo numérico paso a paso — Interés Simple

Datos	
Capital prestado (C):	\$ 1.000.000   Tasa anual (i): 60%   Plazo: 5 años

Año	Capital inicial (\$)	Interés del año (\$)	Capital acumulado (\$)
1	1.000.000	600.000	1.600.000
2	1.000.000	600.000	2.200.000
3	1.000.000	600.000	2.800.000
4	1.000.000	600.000	3.400.000
5	1.000.000	600.000	4.000.000

Observar que el interés del año es siempre \$ 600.000 (60% sobre el capital original de \$ 1.000.000), sin importar cuánto tiempo pasó. El capital crece de a \$ 600.000 cada año: crecimiento lineal.

### 2.2 Interés Compuesto

Los intereses de cada período se suman al capital y generan nuevos intereses en el período siguiente. El capital crece de forma exponencial: cada vez más rápido.

$$M = C \cdot (1 + i)^n$$

#### Mismo ejemplo con Interés Compuesto — C = \$ 1.000.000 | i = 60% anual | n = 5 años

Año	Capital inicial (\$)	Interés del año (\$)	Capital acumulado (\$)
1	1.000.000	600.000	1.600.000
2	1.600.000	960.000	2.560.000
3	2.560.000	1.536.000	4.096.000
4	4.096.000	2.457.600	6.553.600
5	6.553.600	3.932.160	10.485.760

En el interés compuesto, el interés del año 2 ya no es \$ 600.000 sino \$ 960.000, porque se calcula sobre \$ 1.600.000 (capital original + intereses del año 1). Al año 5, el compuesto genera \$ 10,49M contra \$ 4,00M del simple: 2,6 veces más.

¿Por qué importa esta diferencia al ingeniero civil?

- En proyectos financiados: el banco siempre aplica interés compuesto. Subestimarlo puede arruinar la evaluación.
- En inversiones: el dinero que se reinvierte genera interés compuesto. Es la base del VAN.
- En inflación: los precios también se componen. Sumar porcentajes de inflación mensual es incorrecto: hay que multiplicar.

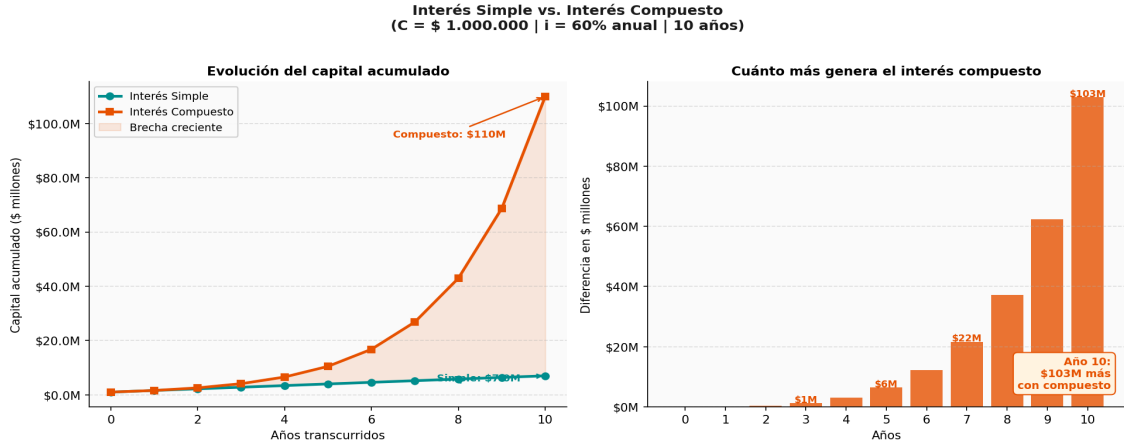


Figura 1 — Interés Simple (crecimiento lineal) vs. Compuesto (crecimiento exponencial) al 60% anual. A 10 años, el compuesto genera \$ 109M extra sobre el simple.

### Conclusión clave del gráfico

Con tasas elevadas como las que caracterizaron a Argentina en 2024-2025 (60-120% anual), la diferencia entre simple y compuesto es enorme incluso en plazos de 3 a 5 años. Cualquier análisis de proyecto que use interés simple cuando corresponde compuesto estará subestimando drásticamente el costo del financiamiento.

### 3. Tasas, Costo Financiero Total e Inflación en Argentina

#### 3.1 El laberinto de las tasas: cómo leer lo que ofrece un banco

Cuando un banco ofrece un crédito, muestra varias tasas que pueden confundir. Entender la diferencia es fundamental tanto para la vida cotidiana como para evaluar proyectos de inversión.

Tasa	Qué mide	Cómo se calcula	Para qué sirve
TNA — Tasa Nominal Anual	Tasa base anual, sin capitalizar	Definida contractualmente	Lo que los bancos publicitan primero; NO es la tasa real
TEM — Tasa Efectiva Mensual	Tasa real mensual con capitalización	$TEM = TNA / 12$ (si capitaliza mensualmente)	La que se usa para calcular cada cuota
TEA — Tasa Efectiva Anual	Tasa real anual con capitalización mensual	$TEA = (1 + TEM)^{12} - 1$	Permite comparar productos financieros correctamente
CFT — Costo Financiero Total	Costo real incluyendo todos los gastos	TEA + seguro de vida + gastos admin + IVA sobre intereses	El indicador más honesto para comparar créditos; el BCRA exige informarlo

**Regla de oro: siempre compara el CFT, nunca la TNA**

Los bancos y financieras publican la TNA porque es el número más bajo y más atractivo. Pero el CFT incluye todos los costos reales: seguros, gastos de otorgamiento, IVA sobre intereses.

Por ley (BCRA), toda publicidad de créditos en Argentina debe incluir el CFT.

Ejemplo: TNA 70% → TEA ≈ 101% → CFT ≈ 120–130% (según los cargos adicionales)

#### 3.2 Cálculo real: qué pagás cuando compras en 12 cuotas

Supongamos que querés comprar un aire acondicionado inverter. El local lo vende a \$ 600.000 al contado, o en 12 cuotas con financiamiento bancario a TNA 72%.

##### Paso 1 — Convertir la tasa

$$TEM = TNA / 12 = 72\% / 12 = 6,0\% \text{ mensual}$$

$$TEA = (1 + 0,06)^{12} - 1 = (1,06)^{12} - 1 \approx 101,2\% \text{ anual}$$

##### Paso 2 — Calcular la cuota (Sistema Francés)

$$Cuota = 600.000 \times 0,06 / [1 - (1,06)^{-12}] = 600.000 \times 0,06 / 0,4934 \approx \$ 72.927 / \text{mes}$$

##### Paso 3 — Calcular el costo total

Concepto	Valor
Precio al contado	\$ 600.000
Cuota mensual	\$ 72.927
Total pagado (12 cuotas)	\$ 875.124
Costo del financiamiento	\$ 275.124 (45,9% extra sobre el precio)

TEA efectiva	101,2% anual
CFT estimado (con seguro y gastos)	aprox. 125–135% anual
Tasa real mensual si inflación = 3%/mes	$(1,06/1,03) - 1 = +2,91\%$ real positivo

### 3.3 ¿Cuándo conviene comprar en cuotas? La relación con la inflación

La decisión de pagar al contado o en cuotas no depende solo de la tasa del crédito: depende de la relación entre esa tasa y la inflación esperada. Este concepto es clave en Argentina, donde ambas variables cambiaron dramáticamente entre 2024 y 2026.

$$\text{Tasa real mensual} = (1 + \text{tasa nominal mensual}) / (1 + \text{inflación mensual}) - 1$$

Si la tasa real es negativa → conviene financiarse (pagás con pesos que valen menos).

Si la tasa real es positiva → conviene pagar al contado (el financiamiento tiene costo real).

Escenario	Inflación mensual	TEM del crédito	Tasa real mensual	Decisión óptima
Argentina 2024 (pico inflacionario)	10,2% mensual (211% anual)	6,0%	$(1,06/1,102) - 1 = -3,8\%$	CUOTAS: pagás en pesos que se desvalorizan
Argentina 2025 (desinflación)	3,5% mensual (≈50% anual)	5,0%	$(1,05/1,035) - 1 = +1,4\%$	CONTADO: el crédito ya tiene costo real positivo
Argentina 2026 (estabilización)	2,5% mensual (≈35% anual)	3,5%	$(1,035/1,025) - 1 = +0,98\%$	CONTADO: conviene ahorrar y pagar cash o negociar descuento

**Caso concreto: aire acondicionado en los tres escenarios**

Precio al contado: \$ 600.000 | 12 cuotas con TEM 6% | Cuota: \$ 72.927 | Total: \$ 875.124

ESCENARIO 2024 (inflación 10% mensual):  
 El peso pierde valor rápidamente. En términos reales, las últimas cuotas son "baratas".  
 Total pagado en pesos constantes (de hoy): ≈ \$ 490.000 < \$ 600.000 al contado.  
 → Convinó financiarse: pagaste menos en términos reales.

ESCENARIO 2026 (inflación 2,5% mensual):  
 Total pagado en pesos constantes: ≈ \$ 760.000 > \$ 600.000 al contado.  
 → No convinó financiarse: el crédito tuvo un costo real positivo de ≈ \$ 160.000.

Conclusión: en Argentina 2024 era racional endeudarse; en 2026, con inflación más baja, la lógica cambia y conviene comparar tasas reales antes de decidir.

### 3.4 Tasas de descuento e inflación en proyectos de ingeniería civil

En la evaluación de proyectos, la tasa de descuento cumple un rol doble: mide el costo de oportunidad del capital y captura el riesgo del proyecto. La inflación agrega una complejidad adicional porque distorsiona los flujos de fondos si no se la trata correctamente.

#### Ecuación de Fisher: separar la inflación del rendimiento real

$$(1 + i_{\text{nominal}}) = (1 + i_{\text{real}}) \times (1 + \pi) \rightarrow i_{\text{real}} = (1 + i_{\text{nominal}}) / (1 + \pi) - 1$$

Regla fundamental: flujos nominales se descuentan con tasa nominal; flujos reales (moneda constante) se descuentan con tasa real. Mezclarlos es el error más frecuente y más grave en proyectos argentinos.

**Ejemplo 1 — Tasa real en Argentina 2025**

Técnico municipal evalúa un proyecto de pavimentación en pesos corrientes.  
 Tasa de interés que paga el municipio por financiamiento: TNA 65% (TEA ≈ 88%).  
 Inflación 2025 registrada: 118% anual.

Tasa real anual =  $(1 + 0,88) / (1 + 1,18) - 1 = 1,88/2,18 - 1 = -13,7\%$  anual

El costo real del financiamiento fue NEGATIVO en 2025: el Estado se financió “gratis” en términos reales porque la inflación licuaba la deuda más rápido que los intereses.

**Ejemplo 2 — Proyección 2026: normalización macroeconómica**

Empresa constructora evalúa una planta de hormigón elaborado. Financia con banco.  
 TEA del crédito bancario 2026: 55% anual. Inflación proyectada 2026: 38% anual.

Tasa real anual =  $(1 + 0,55) / (1 + 0,38) - 1 = 1,55/1,38 - 1 = +12,3\%$  anual

En 2026 el crédito ya tiene costo real positivo. Un proyecto que en 2024 parecía viable por la licuación de la deuda, ahora requiere ser genuinamente rentable.

#### Cómo elegir la tasa de descuento según el tipo de proyecto

Tipo de proyecto	Moneda de evaluación	Tasa de descuento sugerida	Fuente / Referencia
Infraestructura pública municipal	USD o pesos constantes	8–12% anual en USD	BID / CAF / Banco Mundial
Obras provinciales con financiamiento BID/CAF	USD	10% anual en USD	Manual BID evaluación
Proyecto privado (empresa constructora)	Pesos corrientes o USD	WACC (costo promedio del capital)	Análisis financiero propio
Concesión vial / PPP	USD o pesos UVA	12–15% anual (incluye prima de riesgo)	Contrato de concesión
Proyecto RIGI	USD	10% (menor riesgo regulatorio)	Estabilidad 30 años

### **Por qué la inflación complica la evaluación de proyectos en Argentina**

- Los insumos de construcción (acero, cemento, combustible) suben a tasas distintas a la inflación general —muchas veces superan el índice general— generando inflación sectorialmente diferenciada.
- Los contratos públicos se redeterminan de precio (Ley N° 12.910 en Mendoza) pero con rezago: la empresa cobra en pesos de menor poder adquisitivo que cuando ejecutó el trabajo.
- Las tasas de descuento a usar en moneda local cambian año a año, dificultando comparaciones intertemporales.
- La vida útil de infraestructura (20–50 años) hace que pequeños errores en la tasa de descuento tengan efectos enormes en el VAN.
- Para proyectos de largo plazo, la práctica internacional y el BCRA recomiendan evaluar en USD o en UVA (que ajusta por CER) para evitar la distorsión inflacionaria.

## 4. Renta y Amortización: Sistemas Francés y Alemán

### 4.1 ¿Qué es la amortización y por qué importa al ingeniero civil?

Cuando se financia una inversión (una máquina, un equipo, una planta, una obra), se contrae una deuda que debe cancelarse en el tiempo. La amortización es el proceso gradual de devolución del capital prestado. Cada cuota cubre dos componentes: los intereses del período (calculados sobre el saldo pendiente) y una devolución parcial del capital.

- Permite conocer el costo real del financiamiento de una obra o equipamiento.
- Permite incluir las cuotas como egreso en el flujo de fondos del proyecto.
- Permite comparar condiciones crediticias (plazo, tasa, sistema) para elegir la más conveniente.
- Es la base del cálculo del VAN en proyectos con financiamiento externo.

### 4.2 El valor del dinero en el tiempo y la renta

Una renta es una serie de pagos iguales a intervalos regulares. El valor actual (VA) de esa renta es la suma de todos los pagos futuros traídos al presente:

$$VA = R \times [1 - (1 + i)^{-n}] / i$$

Despejando R (la cuota), se obtiene la fórmula del Sistema Francés:  $C = VA \times i / [1 - (1+i)^{-n}]$ .

### 4.3 Sistema Francés — Cuota Constante

El más utilizado en Argentina. La cuota total es idéntica en todos los períodos. En los primeros períodos predominan los intereses; a medida que avanza el plan, aumenta la amortización de capital.

$$C = P \times i / [1 - (1 + i)^{-n}]$$

**Ejemplo: P = \$ 1.000.000 | i = 10% anual | n = 10 años**

Cuota constante =  $\$ 1.000.000 \times 0,10 / [1 - (1,10)^{-10}] \approx \$ 162.745 / \text{año}$

Período	Cuota (\$)	Amort. capital (\$)	Intereses (\$)	Saldo (\$)
1	\$ 162.745	\$ 62.745	\$ 100.000	\$ 937.255
2	\$ 162.745	\$ 69.020	\$ 93.725	\$ 868.235
3	\$ 162.745	\$ 75.922	\$ 86.823	\$ 792.313
4	\$ 162.745	\$ 83.514	\$ 79.231	\$ 708.799
5	\$ 162.745	\$ 91.866	\$ 70.880	\$ 616.933
6	\$ 162.745	\$ 101.052	\$ 61.693	\$ 515.881
7	\$ 162.745	\$ 111.157	\$ 51.588	\$ 404.724
8	\$ 162.745	\$ 122.273	\$ 40.472	\$ 282.451
9	\$ 162.745	\$ 134.500	\$ 28.245	\$ 147.950
10	\$ 162.745	\$ 147.950	\$ 14.795	\$ 0
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.627.454</b>	<b>\$ 1.000.000</b>	<b>\$ 627.454</b>	<b>—</b>

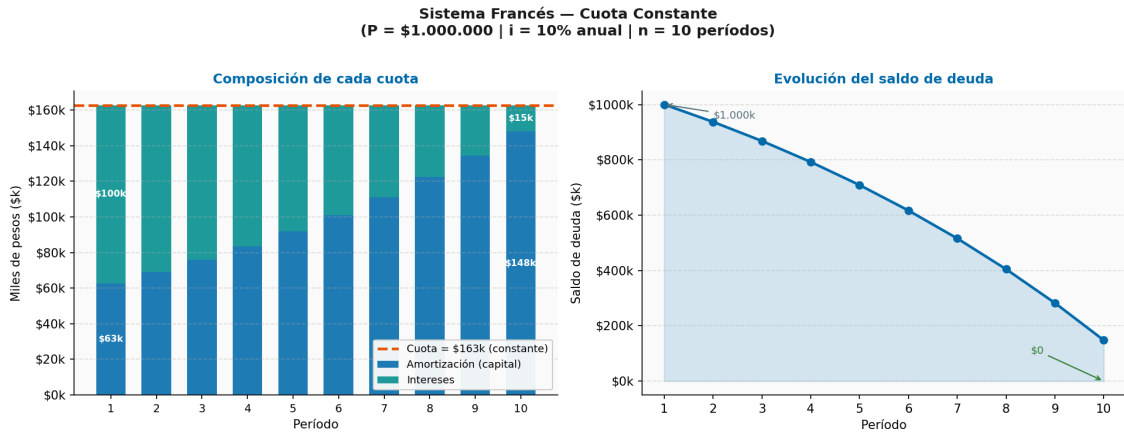


Figura 2 — Sistema Francés: composición de cada cuota (izq.) y evolución del saldo de deuda (der.)

### 4.4 Sistema Alemán — Amortización Constante

La amortización de capital es igual en cada período. Los intereses decrecen porque el saldo disminuye linealmente. La cuota total es decreciente.

$$\text{Amortización} = P / n \text{ (constante)} \quad | \quad \text{Interés}_t = \text{Saldo}_{(t-1)} \times i \text{ (decreciente)}$$

Período	Cuota (\$)	Amort. capital (\$)	Intereses (\$)	Saldo (\$)
1	\$ 200.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 900.000
2	\$ 190.000	\$ 100.000	\$ 90.000	\$ 800.000
3	\$ 180.000	\$ 100.000	\$ 80.000	\$ 700.000
4	\$ 170.000	\$ 100.000	\$ 70.000	\$ 600.000
5	\$ 160.000	\$ 100.000	\$ 60.000	\$ 500.000
6	\$ 150.000	\$ 100.000	\$ 50.000	\$ 400.000
7	\$ 140.000	\$ 100.000	\$ 40.000	\$ 300.000
8	\$ 130.000	\$ 100.000	\$ 30.000	\$ 200.000
9	\$ 120.000	\$ 100.000	\$ 20.000	\$ 100.000
10	\$ 110.000	\$ 100.000	\$ 10.000	\$ 0
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.550.000</b>	<b>\$ 1.000.000</b>	<b>\$ 550.000</b>	<b>—</b>

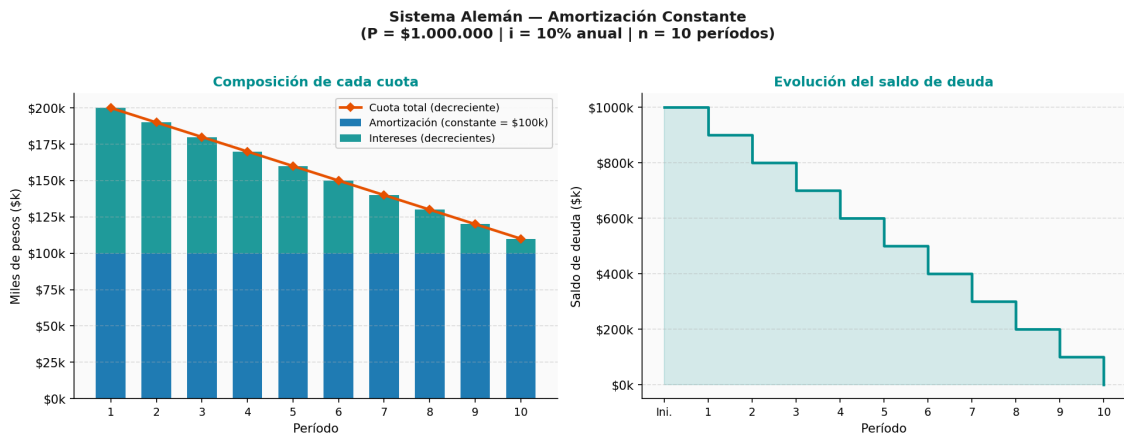


Figura 3 — Sistema Alemán: amortización constante y cuota total decreciente

### 4.5 Comparación de sistemas

Concepto	Sistema Francés	Sistema Alemán
Cuota período 1	\$ 162.745 (constante)	\$ 200.000 (máxima)
Cuota período 10	\$ 162.745 (constante)	\$ 110.000 (mínima)
Total intereses pagados	\$ 627.454	\$ 550.000
Ahorro con sist. alemán	—	\$ 77.454 menos (12,3%)
Uso habitual	Hipotecarios, prendarios, personales	Créditos corporativos, leasing
Ventaja principal	Previsibilidad del egreso mensual	Menor costo total de financiamiento

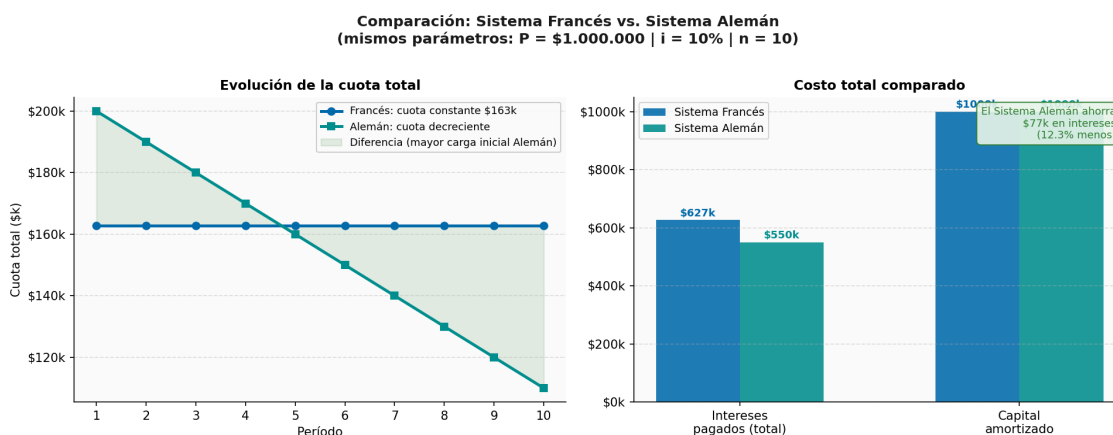


Figura 4 — Comparación: cuota total a lo largo del plan (izq.) y costo total de intereses (der.)

## 5. Presupuesto y Flujo de Fondos de un Proyecto de Obra Civil

### 5.1 ¿Qué es el presupuesto de obra?

El presupuesto de obra es el documento que estima el costo total de construir un proyecto, organizado por rubros (materiales, mano de obra, equipos, gastos generales) y por ítems o tareas. Es la base sobre la cual el contratista formula su oferta y el comitente aprueba la inversión.

- Presupuesto de costos directos: materiales, mano de obra, equipos que se asignan directamente a cada tarea.
- Presupuesto de costos indirectos: gastos generales de obra, dirección técnica, seguro, imprevistos.
- Precio de venta al comitente: costos totales + beneficio + IVA.

El presupuesto es estático: refleja los costos planificados al momento de la cotización. En Argentina, con inflación, el presupuesto debe indicar la fecha de los precios base y el mecanismo de actualización (Ley N° 12.910 de Mendoza, redeterminación de precios).

### 5.2 ¿Qué es el flujo de fondos de un proyecto?

El flujo de fondos (o flujo de caja) es el registro cronológico de cuándo se producen efectivamente los ingresos (cobros) y los egresos (pagos) de un proyecto. A diferencia del presupuesto, el flujo de fondos incorpora el tiempo: cuándo se gasta y cuándo se cobra.

- Flujo de fondos positivo en un período: los cobros superan los pagos → sobra dinero.
- Flujo de fondos negativo en un período: los pagos superan los cobros → se necesita financiamiento (capital de trabajo).
- Flujo acumulado: muestra cuál es la máxima necesidad de financiamiento a lo largo del proyecto.

### 5.3 Relación entre presupuesto y flujo de fondos

El presupuesto responde ¿cuánto cuesta el proyecto? El flujo de fondos responde ¿cuándo necesito el dinero? Ambos son complementarios e indispensables:

Dimensión	Presupuesto de obra	Flujo de fondos
¿Qué mide?	Costo total de cada ítem o rubro	Ingresos y egresos reales por período (mes/trimestre)
¿Cuándo se usa?	Al momento de la cotización y licitación	Durante la planificación y la ejecución de la obra
Dimensión temporal	Estático (fotografía del costo a la fecha)	Dinámico (película del movimiento de fondos)
¿Para qué sirve en cotización?	Determinar el precio de oferta	Detectar núcleo de financiamiento y calcular el costo de ese capital
¿Para qué sirve en ejecución?	Controlar el gasto real vs. planificado	Verificar que los cobros llegan a tiempo y gestionar la liquidez

### 5.4 Ejemplo práctico — Pavimentación de 5 cuadras en Luján de Cuyo

Datos del proyecto
Obra: pavimentación asfáltica de 5 cuadras (2.000 m <sup>2</sup> )   Contratante: Municipalidad de Luján de Cuyo

Valor total del contrato: \$ 24.000.000 | Plazo: 6 meses | Precio base: enero 2026

### Presupuesto resumido por rubros

Rubro	Costo (\$)	% del total
Materiales (asfalto, sub-base, método AASHTO)	10.800.000	45%
Mano de obra (UOCRA, cat. oficial especializado)	7.200.000	30%
Equipos y maquinaria (pavimentadora, rodillo, retroexcavadora)	3.600.000	15%
Gastos generales, imprevistos y dirección técnica	2.400.000	10%
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA</b>	<b>24.000.000</b>	<b>100%</b>

### Plan de certificaciones (cobros) pactado con la Municipalidad

Hito	Mes	Monto (\$)	Concepto
Anticipo	Inicio	2.400.000	10% del contrato, cobrado al firmar
Certificado 1	Mes 2	3.600.000	15% del contrato, al finalizar sub-base
Certificado 2	Mes 4	7.200.000	30% del contrato, al finalizar asfalto
Certificado 3	Mes 6	10.800.000	45% del contrato, a la recepción provisoria

### Flujo de fondos mensual del contratista (\$ millones)

Mes	Ingresos (cobros)	Egresos (pagos obra)	Flujo neto	Flujo acumulado
Mes 0 (inicio)	+ \$ 2,4M (anticipo)	\$ 0	+ \$ 2,4M	+ \$ 2,4M
Mes 1	\$ 0	- \$ 3,2M (movilización y base)	- \$ 3,2M	- \$ 0,8M $\triangle$
Mes 2	+ \$ 3,6M (Cert. 1)	- \$ 5,1M (asfalto inicio)	- \$ 1,5M	- \$ 2,3M $\triangle$
Mes 3	\$ 0	- \$ 5,8M (asfalto principal)	- \$ 5,8M	- \$ 8,1M $\triangle$
Mes 4	+ \$ 7,2M (Cert. 2)	- \$ 5,4M (terminaciones)	+ \$ 1,8M	- \$ 6,3M $\triangle$
Mes 5	\$ 0	- \$ 3,8M (veredas e iluminación)	- \$ 3,8M	- \$ 10,1M $\triangle$ (máximo)
Mes 6	+ \$ 10,8M (Cert. 3)	- \$ 0,7M (limpieza y docu)	+ \$ 10,1M	\$ 0 (cierre)

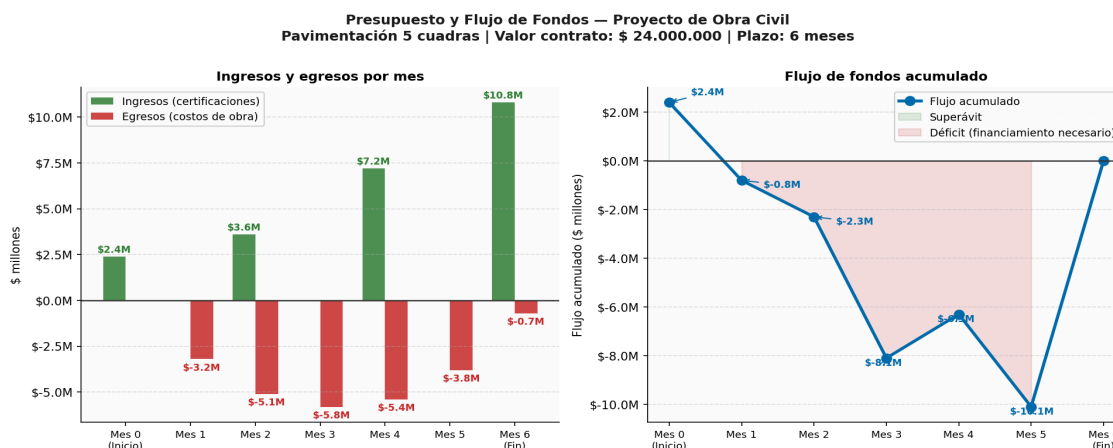


Figura 5 — Ingresos y egresos mensuales (izq.) y flujo de fondos acumulado (der.). El déficit máximo de \$ 10,1M en el mes 5 es el capital de trabajo que debe financiar el contratista.

## 5.5 Importancia en la cotización y durante la ejecución

### En la etapa de cotización (antes de ganar la licitación)

- El contratista usa el flujo de fondos para identificar el déficit máximo de caja (≈ \$ 10,1M en el ejemplo).
- Ese déficit debe financiarse: con capital propio, con líneas bancarias o con un anticipo mayor. El costo de ese financiamiento debe incluirse en el precio de la oferta.
- En el ejemplo: si el banco cobra TEM 5% por \$ 10,1M durante 3 meses, el costo financiero es aprox. \$ 1,6M, que debería sumarse al precio de venta para que el proyecto sea rentable.
- Si se omite este costo, el contratista gana la licitación pero pierde dinero durante la ejecución.

### Durante la ejecución (control de obra)

- El flujo real se compara mensualmente contra el flujo planificado.
- Si los cobros se demoran (la municipalidad tarda en aprobar certificados), el déficit real supera al planificado y hay que tomar crédito adicional —con su costo correspondiente—.
- Si los costos superan el presupuesto (aumento de materiales por inflación), se activa el pedido de redeterminación de precios.
- El flujo de fondos es la herramienta de control financiero de la obra: sin él, el director de obra no puede anticipar problemas de liquidez.

## 6. Indicadores Económicos: VA, VAN, TIR, IVAN y Relación B/C

### 6.0 ¿Para qué sirven los indicadores económicos?

Los indicadores económicos son herramientas cuantitativas que permiten al ingeniero civil tomar decisiones fundamentadas sobre proyectos de inversión. Sin ellos, la evaluación es subjetiva e incompleta. Con ellos, es posible:

- Determinar si un proyecto es económicamente viable (crea o destruye valor).
- Comparar alternativas de diseño, tecnología o financiamiento para elegir la óptima.
- Justificar la inversión ante organismos financiadores (BID, CAF, banco) o ante el Estado.
- Priorizar proyectos cuando el presupuesto disponible no alcanza para todos.
- Monitorear la viabilidad del proyecto durante su ejecución si cambian los supuestos.

#### Relación entre los indicadores y el flujo de fondos

Todo indicador económico parte del flujo de fondos proyectado del proyecto:

Flujo de fondos → descontado a tasa  $i$  → Valor Actual (VA)

Suma de VA de todos los períodos – Inversión inicial → VAN

Tasa que hace VAN = 0 → TIR

VAN / Inversión inicial → IVAN

VA(Beneficios) / VA(Costos) → Relación B/C

Por eso es fundamental contar con un buen flujo de fondos antes de calcular cualquier indicador.

### 6.1 Valor Actual (VA) — ¿Cuánto vale hoy un ingreso o egreso futuro?

El VA es el concepto más básico: trae un único pago futuro al valor de hoy, descontando el costo del tiempo (la tasa de descuento  $i$ ). Responde a la pregunta: si me deben pagar \$ X dentro de  $n$  años, ¿cuánto vale ese crédito hoy?

$$VA = \text{Valor futuro} / (1 + i)^n$$

#### Ejemplo 1 — Venta futura de un edificio (perspectiva del desarrollista)

Una empresa constructora espera vender un edificio en construcción dentro de 3 años por \$ 90.000.000.

Su tasa de costo de capital es del 35% anual (en pesos).

$$VA = 90.000.000 / (1,35)^3 = 90.000.000 / 2,460 = \$ 36.585.366$$

Interpretación: esa venta futura vale hoy solo \$ 36,6M. Si los costos de construcción superan ese valor, el proyecto no es viable a esa tasa de descuento.

#### Ejemplo 2 — Ahorro en mantenimiento (elección de material)

Un ingeniero compara hormigón (mayor costo inicial, menor mantenimiento) vs. asfalto.

El hormigón evitará una repavimentación de \$ 12.000.000 en el año 10.

Tasa de descuento: 10% anual en USD.

$$VA \text{ del ahorro} = 12.000.000 / (1,10)^{10} = 12.000.000 / 2,594 = \$ 4.626.000$$

Ese ahorro futuro equivale a \$ 4,6M hoy. Si la diferencia de costo inicial entre hormigón y asfalto es menor a \$ 4,6M, conviene el hormigón.

### 6.2 Valor Actual Neto (VAN) — ¿Crea valor el proyecto?

El VAN suma el VA de todos los flujos de fondos del proyecto (positivos y negativos), incluyendo la inversión inicial. Mide la riqueza neta creada por el proyecto en moneda de hoy. Es el indicador más importante.

$$VAN = -I_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

VAN	Interpretación	Decisión para un proyecto
VAN > 0	El proyecto genera más valor que el costo del capital invertido	Aceptar: crea riqueza
VAN = 0	El proyecto rinde exactamente la tasa de corte: ni gana ni pierde	Indiferente
VAN < 0	El proyecto destruye valor: invirtiendo en otra alternativa (a la tasa de corte) se obtiene más	Rechazar

#### Ejemplo integrador — Planta de hormigón elaborado en Guaymallén

Inversión inicial ( $I_0$ ): \$ 5.000.000 | Vida útil: 8 años | Tasa de descuento: 12% anual en USD  
 Ingresos anuales estimados: \$ 1.800.000 | Costos operativos anuales: \$ 900.000  
 Flujo de caja neto anual (FC): \$ 900.000 / año

$VAN = -5.000.000 + 900.000 \times [1 - (1,12)^{-8}] / 0,12$   
 $VAN = -5.000.000 + 900.000 \times 4,968$   
 $VAN = -5.000.000 + 4.471.200 = - \$ 528.800$

→ VAN < 0: el proyecto NO es viable a la tasa del 12% en USD.  
 La empresa invertiría mejor su dinero en otra alternativa que rinda el 12%.

#### El mismo proyecto evaluado en pesos corrientes (contexto Argentina 2026)

Si evaluamos en pesos con inflación 38% y tasa nominal 55%:  
 Tasa real =  $(1,55/1,38) - 1 = 12,3\%$  → coincide con el caso en USD: resultado similar.

Pero si la empresa financió el proyecto en 2024 (inflación 211%, tasa nominal 85%):  
 Tasa real =  $(1,85/3,11) - 1 = -40,5\%$  → tasa real MUY negativa.  
 En ese contexto, el mismo proyecto que hoy es inviable, ERA viable en 2024 porque la inflación licuaba la deuda. Esto explica el boom de obras privadas en 2024.

### 6.3 Tasa Interna de Retorno (TIR) — ¿Cuánto rinde el proyecto?

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea exactamente cero. Representa la rentabilidad intrínseca del proyecto: cuánto “rinda” la inversión por sí sola, independientemente del contexto financiero.

$$0 = -I_0 + \sum [ \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} ] \quad \text{(se resuelve iterativamente o con planilla)}$$

Criterio:  $TIR >$  tasa de corte del proyecto  $\rightarrow$  el proyecto es más rentable que la alternativa de referencia.

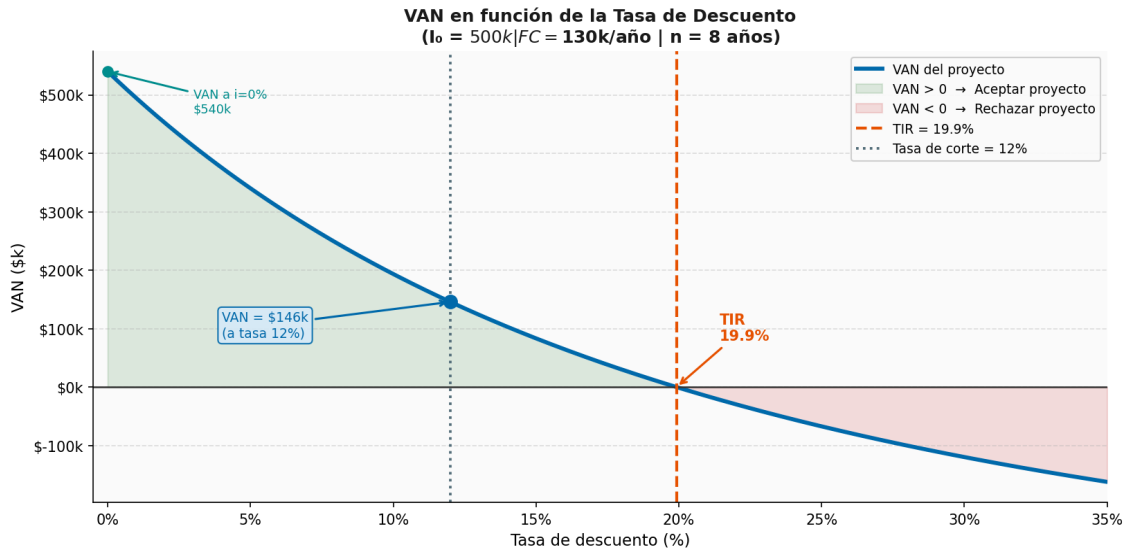


Figura 6 — VAN en función de la tasa de descuento. La TIR ( $\approx 20\%$ ) es el cruce con el eje horizontal. Zona verde: cualquier tasa de corte menor a la TIR hace el proyecto aceptable.

**Ejemplo práctico: ¿la TIR alcanza para el contexto argentino 2026?**

Proyecto: sistema de riego tecnificado en Valle de Uco. TIR del proyecto: 22% anual en USD.

Comparación con alternativas del mercado (2026):

- Tasa banco en USD: 8-10% anual  $\rightarrow$  TIR (22%)  $\gg$  costo de financiamiento: VIABLE
- Tasa social BID (infraestructura de riego): 10% anual  $\rightarrow$  TIR  $\gg$  tasa social: VIABLE
- LEBAC / bonos USD: 6-7% anual  $\rightarrow$  El proyecto rinde 3 veces más: MUY ATRACTIVO

La TIR, comparada con el costo de oportunidad real del dinero en 2026, indica que el proyecto crea valor incluso en un escenario de tasas de interés normalizadas.

### 6.4 IVAN — Índice de Valor Actual Neto: ¿cuál rinde más por peso invertido?

El IVAN normaliza el VAN por la inversión requerida. Es imprescindible cuando se debe elegir entre proyectos con distintos tamaños de inversión y el presupuesto es limitado.

$$IVAN = VAN / I_0$$

Proyecto	Inversión (\$ M)	VAN (\$ M)	IVAN	Ranking	Selección con \$ 1.200M
Red de agua potable 2.000 hab., Lavalle	450	380	0,844	1°	✓ Seleccionado
Puente vehicular ruta provincial, San Rafael	800	580	0,725	2°	✓ Seleccionado
Pavimentación 8 km, zona industrial Las Heras	300	180	0,600	3°	✓ Seleccionado (250 M restantes)

Planta de tratamiento líquidos, Godo Cruz	600	280	0,467	4°	— Excede presupuesto restante
---	-----	-----	-------	----	-------------------------------

Con \$ 1.200M disponibles y el método IVAN, se obtiene el mayor VAN total posible: \$ 380 + \$ 580 + \$ 180 = \$ 1.140M, contra solo \$ 860M si se hubiera elegido por tamaño de inversión.

### 6.5 Relación Beneficio–Costo (B/C)

Exigido por BID, CAF y Banco Mundial en proyectos de infraestructura pública. Cociente entre el VA de todos los beneficios y el VA de todos los costos incluyendo la inversión.

$$B/C = VA(\text{Beneficios}) / VA(\text{Costos} + \text{Inversión}) \rightarrow B/C > 1: \text{ proyecto viable}$$

### 6.6 Cómo afecta la inflación argentina al cálculo de los indicadores

- Flujos en pesos corrientes se inflan cada año: si se descuentan a tasa nominal, el VAN puede parecer enorme cuando en realidad está licuado por la inflación.
- La tasa de descuento correcta depende del contexto: en 2024 (inflación 211%) usar 15% en pesos era irreal; en 2026 (inflación ≈38%) usar 50% en pesos es más razonable.
- La solución más robusta: evaluar en USD o en UVA (ajustado por CER) con tasas reales del 8-12% anual. Así el VAN es comparable en el tiempo.
- Insumos con precios dolarizados (acero, combustible) deben proyectarse en USD y luego convertirse, no en pesos directamente.
- En contratos con redeterminación de precios: los flujos de ingresos se ajustan con índices, pero los egresos no siempre tienen la misma cobertura —hay que modelar esa brecha explícitamente.

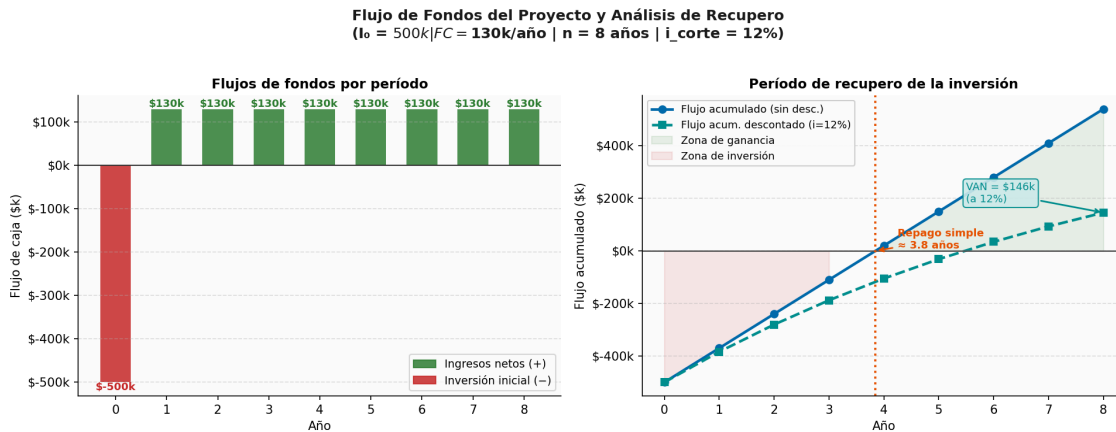


Figura 7 — Flujos de fondos del proyecto y periodo de recupero (payback). El flujo descontado muestra el VAN acumulado, que es positivo al final del horizonte.

## 7. Criterios para la Toma de Decisiones y Priorización

### 7.1 Proyectos independientes

Se ejecutan todos con  $VAN > 0$  y  $TIR >$  tasa de corte, siempre que el presupuesto lo permita.

### 7.2 Proyectos mutuamente excluyentes

Solo puede elegirse uno. El VAN es el criterio principal: se elige el de mayor VAN. La TIR puede dar señales contradictorias cuando las inversiones difieren en escala o plazo.

#### Ejemplo — Pavimento: hormigón vs. asfalto, Ruta Prov. 82 (5 km)

Alt. A – Hormigón: Inversión \$ 280M | Mantenimiento \$ 4M/año | Vida útil 25 años  
VAN (10% USD) = \$ 47,2M | TIR = 12,8%

Alt. B – Asfalto: Inversión \$ 160M | Mantenimiento \$ 14M/año | Repavim. año 10: \$80M  
VAN (10% USD) = \$ 28,9M | TIR = 14,5%

Aunque TIR del asfalto es mayor, el VAN del hormigón supera al asfalto en \$ 18,3M.  
En infraestructura pública de larga vida útil, se elige la Alternativa A.

## 8. Análisis de Sensibilidad y Riesgo

### 8.1 Análisis de Sensibilidad

Mide cuánto varía el VAN ante cambios en los parámetros clave. Las variables con mayor impacto sobre el VAN son las más críticas y requieren mayor precisión en la estimación.

- Variar cada parámetro  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$ ,  $\pm 30\%$  respecto al valor base.
- Recalcular el VAN en cada caso y graficar (gráfico "araña" o spider chart).
- Las variables con mayor pendiente son las más críticas.

#### Ejemplo — Planta de hormigón elaborado, San Rafael (VAN base: USD 380.000)

- Precio de venta ( $\pm 20\%$ ) → VAN entre - USD 85.000 y USD 845.000 [CRÍTICO]
- Costo de cemento ( $\pm 20\%$ ) → VAN entre USD 190.000 y USD 570.000 [SENSIBLE]
- Inversión inicial ( $\pm 20\%$ ) → VAN entre USD 228.000 y USD 532.000 [MODERADO]
- Tasa de descuento ( $\pm 2$  pp) → VAN entre USD 310.000 y USD 455.000 [BAJO]

### 8.2 Análisis de Escenarios y Riesgos específicos en Argentina 2026

Riesgo	Descripción	Impacto potencial	Mitigación recomendada
Inflación de insumos	Acero y cemento pueden subir 20–40% por encima del IPC	Aumento del costo de obra; VAN negativo	Cotizar insumos con validez 30 días; cláusula de redeterminación
Riesgo cambiario	Equipos importados cotizan en USD; contratos en pesos	Si el tipo de cambio sube más que la inflación, se encarecen los equipos	Evaluar en USD; contratos con componente dólar
Demora en certificados	El comitente público puede demorar 60-90 días en pagar	Aumenta el déficit del flujo de fondos y el costo financiero	Negociar adelantos y plazos de pago en el contrato
Riesgo normativo	Cambios en tasas impositivas, retenciones o tipo de cambio	Puede alterar completamente la viabilidad del proyecto	Claúsulas de estabilidad; considerar RIGI para proyectos grandes

## 9. Evaluación Integral: Factores más allá de lo Económico

La evaluación económica responde ¿es rentable? Pero un proyecto público (escuela, camino rural, red de agua, electrificación) debe responder también: ¿es socialmente necesario?, ¿es ambientalmente aceptable?, ¿es técnicamente factible?

Dimensión	Preguntas clave	Herramientas	Peso típico (BID)
Económica–Financiera	¿Genera suficiente valor?	VAN, TIR, B/C, IVAN	30–40%
Social	¿Mejora la calidad de vida y reduce inequidades?	Costo/beneficiario, NBI, participación comunitaria	25–35%
Ambiental	¿Impactos corregibles o inaceptables?	EIA, PGA, huella de carbono	15–25%
Técnica	¿Ejecutable con tecnología local?	Estudios geotécnicos, CIRSOC, proveedores locales	10–20%
Institucional–Legal	¿Hay marco legal y capacidad operativa?	Marco normativo, presupuesto plurianual	5–15%

### Ejemplo — Electrificación rural en Lavalle: inviable económicamente, viable socialmente

840 familias sin electricidad (NBI 68%). VAN económico: negativo (bajo poblacional y alto costo/km).

Costo por beneficiario: \$ 280.000/familia. Impacto: educación nocturna, salud, comunicaciones.

Decisión: subsidio provincial + tarifa social. El Estado asume el déficit económico

porque el beneficio social supera el costo. Costo-Eficiencia: \$ 280.000 / familia electrificada.

## 10. El RIGI y su Impacto en la Evaluación de Proyectos

### 10.1 ¿Qué es el RIGI?

El Régimen de Incentivo para Grandes Inversiones (RIGI) fue creado por la Ley N° 27.742 ("Ley Bases", promulgada en junio de 2024). Establece un régimen especial de estabilidad jurídica, fiscal, aduanera y cambiaria por 30 años para proyectos de inversión que superen un umbral de USD 200 millones.

El RIGI modifica directamente los flujos de fondos proyectados de un proyecto y, por ende, cambia el VAN, la TIR y el período de recupero. Para el ingeniero civil es clave entender si un proyecto al que asesora puede adherir al RIGI y cuánto mejora su viabilidad.

### 10.2 ¿A qué tipos de proyectos se aplica?

Sector	Ejemplos de proyectos	Inversión mínima	Aplica ingeniería civil?
Minería	Explotación de cobre, litio, oro, potasio; plantas de procesamiento	USD 200M	✓ Infraestructura, accesos, plantas, campamentos
Petróleo y Gas	Desarrollo Vaca Muerta, plantas de GNL, ductos de exportación	USD 200M	✓ Ductos, instalaciones de superficie, obras de acceso
Energía	Parques eólicos (>100MW), solares, centrales hidroeléctricas	USD 200M	✓ Infraestructura de planta, caminos internos, obras civiles
Infraestructura	Autopistas, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, obras de agua	USD 200M	✓ Es ingeniería civil en su totalidad
Agroindustria	Plantas procesadoras de gran escala, silos, frigoríficos	USD 200M	✓ Infraestructura industrial y almacenamiento
Tecnología	Centros de datos de gran escala, infraestructura de telecomunicaciones	USD 200M	✓ Obras civiles del datacenter
Siderurgia / Petroquímica	Plantas industriales de gran escala	USD 200M	✓ Fundaciones, estructuras, instalaciones

### 10.3 Beneficios del RIGI sobre los indicadores económicos

Área del beneficio	Sin RIGI	Con RIGI	Impacto directo en el proyecto
Impuesto a las Ganancias	35% sobre utilidad neta	25% sobre utilidad neta	Flujo de fondos neto +15 a 20%
Retención sobre dividendos al exterior	13,5%	0% desde el año 7	Mejora la rentabilidad del inversor extranjero
IVA en etapa de construcción	Se paga y se espera el reembolso (hasta 12 meses)	Devolución anticipada en 30-60 días	Reduce el capital de trabajo requerido
Aranceles de importación de equipos	10–15% sobre valor CIF	0%	Reduce inversión inicial (equipos importados)

Disponibilidad de divisas	Restricciones BCRA; mercado paralelo	25% libre desde inicio; 100% libre desde año 5	Elimina riesgo cambiario para proyectos exportadores
Estabilidad normativa	Cambia con cada gobierno	Congelada 30 años; penalidades al Estado por incumplir	Reduce la tasa de descuento (menor prima de riesgo)

### 10.4 Comparación numérica: proyecto minero con y sin RIGI

Proyecto de referencia: explotación de cobre en la Cordillera de Mendoza. Inversión: USD 800M. Vida útil: 25 años. Ingresos: USD 120M/año (pico producción año 4). Costos operativos: USD 55M/año.

Indicador	Sin RIGI	Con RIGI	Diferencia / Impacto
Alicuota Impuesto Ganancias	35%	25%	-10 puntos porcentuales en utilidad neta
Aranceles importación equipos	12% sobre USD 280M inversión en equipos	0%	Ahorro de USD 33,6M en inversión inicial
Tasa de descuento aplicable	12% anual USD (prima de riesgo argentina alta)	10% anual USD (menor riesgo regulatorio)	Factor de descuento 17% más favorable a 25 años
VAN del proyecto	USD 280M	USD 520M	+USD 240M (+86%)
TIR del proyecto	14,5% anual	18,2% anual	+3,7 puntos porcentuales
Período de repago	8,2 años	6,5 años	-1,7 años más rápido
<b>Decisión de inversión</b>	<b>Viable pero marginal para el mercado global</b>	<b>Competitivo a nivel mundial</b>	<b>Atrae al inversor internacional que pide mínimo 15%</b>

#### Conclusión: por qué el RIGI importa al ingeniero civil

El RIGI no es solo un beneficio impositivo abstracto: cambia la arquitectura financiera de un proyecto de gran escala. Para el ingeniero civil que trabaja en proyectos mineros, energéticos o de infraestructura en Argentina, entender el RIGI permite:

- Diseñar proyectos con financiamiento externo a costos de capital menores.
- Incluir en la evaluación el ahorro de arancel en la importación de equipos.
- Justificar ante el cliente o comitente por qué adherir al RIGI mejora la viabilidad.
- Entender por qué Los Azules, Josemáa, Rincón Litio y Vaca Muerta avanzan en 2025-2026.

Limitación clave: umbral USD 200M excluye proyectos municipales y PyMEs constructoras.

## 11. Bibliografía de Base

---

### Bibliografía obligatoria de la cátedra

- CHANDÍA, Mario (2000). *Cómputo y presupuesto*. Editorial Alsina. Buenos Aires.
- MOCHÓN, F. y BECKER, V. (2003). *Economía: Principios y Aplicaciones*. McGraw-Hill. Madrid.
- VÁZQUEZ CABANILLAS (2004). *Auxiliar del Conductor de Obras*. UNSJ. San Juan.

### Bibliografía complementaria

- SAPAG CHAIN, N. y R. (2014). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 6.<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill.
- FONTAINE, E. (2008). *Evaluación Social de Proyectos*. 13.<sup>a</sup> ed. Pearson.
- BACA URBINA, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. 7.<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill.
- NASSIR SAPAG (2011). *Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación*. Pearson.

### Normativa de referencia

- Ley N° 27.742 — Ley Bases y Puntos de Partida para la Libertad de los Argentinos (2024). Título VII: RIGI.
- Ley N° 25.675 — Ley General del Ambiente. Nación Argentina.
- Ley N° 5961 — Ley de Protección del Ambiente. Provincia de Mendoza.
- Ley N° 12.910 — Redeterminación de precios en contratos de obra pública. Mendoza.

### Fuentes estadísticas 2024-2026

- INDEC — Índice de Precios al Consumidor (IPC) e IPIM: [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)
- BCRA — Tasas de interés de referencia y estadísticas monetarias: [www.bcra.gov.ar](http://www.bcra.gov.ar)
- Secretaría de Industria — RIGI, Autoridad de Aplicación: [www.argentina.gov.ar/rigi](http://www.argentina.gov.ar/rigi)
- BID / CAF — Guías para la evaluación económica de proyectos: [www.iadb.org](http://www.iadb.org) / [www.caf.com](http://www.caf.com)

*Documento elaborado con fines pedagógicos – Facultad de Ingeniería – UNCuyo – Ciclo Lectivo 2026*