



**Santa Fe**

PROVINCIA

Secretaría de Energía de Santa Fe

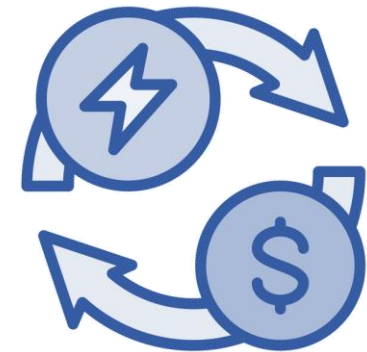
Módulo B

# Evaluación Financiera de Proyectos de Energía

Subsecretaría de Energías Renovables y  
Eficiencia Energética

Dirección Provincial de Eficiencia Energética

Formación y Actualización de «Gestores  
Energéticos para la Industria», edición 2024



# CONTENIDO

## B.1. INTRODUCCIÓN

Objetivo. Elementos a definir en el análisis financiero de una inversión.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS DE UNA INVERSIÓN

Horizonte temporal de la inversión. Determinación de los costos totales. Determinación de los ingresos generales del proyecto. Valor residual de la inversión. Elección de la tasa de descuento. Índices de rentabilidad relevantes. Análisis de sensibilidad.

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

Proyectos de inversión en el sector energético. Costo nivelado de la energía (LCOE). Análisis multicriterio.

## B.4. ANEXO

Ejemplo numérico.

# B.1. INTRODUCCIÓN

## B.1. INTRODUCCIÓN

### B.1.1. Objetivo

El objetivo del análisis financiero es lograr la previsión de flujos de caja del proyecto, de manera que mejore y permita:

- Calcular oportunos índices de rendimiento.
- Proveer a los inversionistas elementos decisionales y de comparación, en presencia de:
  1. Disponibilidad de capital (evaluación de la rentabilidad).
  2. Asignación de fondos limitados (comparación entre diferentes proyectos la competencia).

## B.1. INTRODUCCIÓN

### B.1.2. Elementos a definir en el análisis financiero de una inversión

1. Horizonte temporal de la inversión.
2. Determinación de los costos totales.
3. Determinación de los ingresos generales del proyecto de inversión.
4. Valor residual de la inversión.
5. Elección de la tasa de descuento.
6. Índices de rentabilidad relevantes.
7. Análisis de sensibilidad.

# B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.1. Horizonte temporal de la inversión

Por *horizonte temporal* se entiende el número máximo de años para los cuales se realizan las previsiones de ingresos y egresos. La previsión de ingresos y egresos están caracterizados por lo siguiente:

- Formulados por un período proporcional a la vida útil de la inversión.
- Extendidos por un período suficiente para evaluar el impacto probable en el mediano y largo plazo.
- Relacionados con el tipo de industria de inversión.



## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.1. Horizonte temporal de la inversión

*EJEMPLO: La elección del horizonte temporal de una instalación fotovoltaica.*

- Vida útil tecnológica = 25/30 años (rendimiento alrededor del 80 % al final de la vida útil).
- Vida útil fiscal = 10/20 años.
- Incentivos = X años.
- Horizonte adoptable = 15 años.



## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.1. Horizonte temporal de la inversión

La definición del horizonte de tiempo afecta la definición de los demás elementos del análisis (por ejemplo, el valor residual de la inversión) y, sobre todo, en el cálculo de indicadores clave de rendimiento, por lo tanto se tiende a *normalizar* la duración y se aceptan los siguientes horizontes según el sector.

- Inversiones en infraestructura: no menos de 20 años.
- Inversiones productivas: por lo general 10 años.

Rubro	Horizonte [años]
Energía	25
Agua y Ambiente	30
Ferrocarriles	30
Rutas/autopistas	25
Telecomunicaciones	15
Industria (variable)	10
Otros servicios	15
Puertos y aeropuertos	25

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.2. Determinación de los costos totales

Los costos totales del proyecto en el marco de tiempo considerado son la suma de los costos de inversión y los costos operativos (de ejercicio).

**A.** *COSTOS DE INVERSIÓN:* son los costos relativos a la adquisición de factores productivos que generan réditos en el tiempo. Las principales categorías son:

- Terrenos
- Edificios
- Instalaciones
- Equipos e instrumentos
- Costos de mantenimiento extraordinario
- Licencia y permisos
- Otros costos iniciales

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.2. Determinación de los costos totales

*EJEMPLO: Asignación de los costos de inversión en el plazo previsto para una tarea industrial (0 significa el año en curso, que es el año base de la iniciativa).*

Concepto/Años	0	1	2	3	4	5	6	...	...	n	
Terreno	100000										<i>Terrenos: \$100000</i>
Edificios	300000										<i>Edificios: \$300000</i>
Instalaciones	500000	500000									<i>Instalaciones: \$1000000</i>
Equipos e instrumentos	200000	300000									<i>Equipos e instrumentos: \$500000</i>
Mantenimiento extraordinario										300000	<i>Mantenimiento extraordinario: \$300000</i>
Licencias y permisos	50000										<i>Licencias y permisos: \$50000</i>
Otros gastos iniciales	50000	100000									<i>Otros gastos iniciales: \$150000</i>
<b>TOTAL</b>	<b>1200000</b>	<b>900000</b>								<b>300000</b>	

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.2. Determinación de los costos totales

**B.** *COSTOS OPERATIVOS (O DE EJERCICIO)*: Son los costos anuales asociados con el procesamiento de las actividades de producción. Se clasifican en:

- ✓ Costos fijos, independientes de la producción.
- ✓ Costos variables, dependiendo del nivel de producción.

Las principales categorías de los costos de operación son las siguientes:

- Materia prima
- Energía
- Gastos generales
- Mano de obra
- Mantenimiento ordinario
- Gastos administrativos
- Comisiones sobre ventas

*Observación: No se incluyen aquellos movimientos contables que no significan una salida o entrada de dinero, como ser:*

- Las Depreciaciones, ya que no son desembolsos reales en efectivo.
- Las Previsiones.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.2. Determinación de los costos totales

*EJEMPLO: Asignación de los costos de operación en el plazo previsto para una tarea industrial. Los gastos de explotación tienen la característica de llegar a un valor de «estado estacionario» con el nivel de producción constante (en el ejemplo, es el año 4).*

Concepto/Años	0	1	2	3	4	5	6	...	...	n
Materia prima		50	60	60	75	75	75			75
Mano de obra		100	120	120	150	150	150			150
Energía		30	30	30	30	30	30			30
Mantenimiento ordinario		5	5	5	5	5	10			10
Gastos generales		10	10	10	10	10	10			10
Gastos administrativos		10	10	10	10	10	10			10
Comisiones s/ventas		10	10	10	10	10	10			10
<b>TOTAL</b>		<b>215</b>								<b>295</b>

- *Materias primas: \$75000*
- *Mano de obra: \$150000*
- *Costos de energía: \$30000*
- *Gastos de mantenimiento: \$5000*
- *Gastos generales: \$10000*
- *Costos administrativos: \$10000*
- *Comisiones sobre ventas: \$10000*

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.3. Determinación de los ingresos generales

Los beneficios (ingresos) generados por una inversión pueden ser consecuencia de:

- Venta de bienes y servicios →

*Ingresos por venta de bienes y servicios de mercado =  
Precio \* Cantidad vendida*

- Ahorro (reducción de costos, el costo evitado)
- Otros ingresos (incentivos, subsidios del gobierno)

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.4. Valor residual de una inversión

Entre los ingresos del último año del horizonte de inversión, se considera el valor residual de la inversión (por ejemplo, bienes inmuebles, maquinaria, entre otros).

El valor residual de la inversión debe ser considerado sólo cuando corresponde a un flujo real de *ingresos para el inversionista*, y se puede calcular de dos formas, teniendo en cuenta:

- El valor residual de mercado.
- El valor residual del estado patrimonial.

La inversión, al final de su vida útil, puede tener un valor residual negativo, si corren a cargo del inversionista, los costos de desmantelamiento de la obra.



## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

El análisis financiero se construye con los ingresos y gastos para el período comprendido en el horizonte de tiempo del proyecto, en el cual se presenta el problema de sumar entradas del año 1, con las entradas del año 2 y así sucesivamente. La utilidad marginal de cierta suma de dinero hoy supera la utilidad marginal de la misma suma de dinero mañana, por las siguientes razones:

- Aversión al riesgo de eventos futuros;
- Preferencia de la utilidad actual con respecto a la utilidad futura.

*Un peso hoy vale más que un peso mañana*

En general, se debe considerar entonces el costo de oportunidad del capital, es decir, el costo implícito relacionado con el uso del capital en un proyecto de inversión y a la renuncia de obtener rentabilidad de un proyecto alternativo.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### *RIESGO E INCERTIDUMBRE*

RIESGO	{ Se conoce o puede ser estimada la distribución de probabilidad de los flujos de caja futuros de la inversión	INCERTIDUMBRE	{ No se conoce ni puede ser estimada dicha distribución de probabilidad
--------	---	---------------	---

En un sentido amplio podemos definir al riesgo como a todas aquellas situaciones contingentes, con repercusiones negativas o positivas, que puedan afectar el desarrollo del proyecto.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

*TASA DE DESCUENTO «R».* Es la tasa a la cual los valores futuros son actualizados al valor presente, o viceversa:

$$VA = \frac{VF}{(1 + R)^n}$$

siendo:

VA: Valor actual del dinero

VF: Valor futuro del dinero en el año  $n$

R: Tasa de descuento

n: año

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### EJEMPLO:

- 1 dólar invertido hoy en día, a una tasa de descuento anual del 5 %, se convertirá en (valor futuro – VF –):  
 $1 + (5 \% \text{ de } 1) = 1.05$  después de un año =  $1 * (1.05) = 1 * (1 + R)$ ;  
 $1 * (1.05) * (1.05) = 1.102$ , después de dos años;  
 $1 * (1.05) * (1.05) * (1.05) = 1.158$ , después de tres años, ... y así sucesivamente.
- Por el contrario, el valor económico actualizado (o valor actual – VA –) de 1 dólar que se gasta en tres años será:  
 $1/1.158 = 0.864$  dólares hoy.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

*TIPOS DE TASAS DE DESCUENTO.* Se pueden definir dos tasas de descuento, se definen y se relacionan entre ellos mediante la tasa de inflación:

- Tasa de descuento nominal  $R$  (costo nominal del capital, tiene en cuenta la inflación).
- Tasa de descuento real  $r$  (costo real del capital).

La tasa de aumento en el índice general de precios (inflación)  $f$  relaciona los dos índices anteriores de acuerdo con la definición analítica siguiente:

$$(1 + R) = (1 + r) \cdot (1 + f) = 1 + r + f + r \cdot f \Rightarrow R = r + f + r \cdot f$$

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

La elección de una tasa de descuento adecuada influye en gran medida los resultados del análisis financiero y depende de algunos factores, como ser:

- La naturaleza del inversionista (público o privado).
- Origen del capital (capital propio o préstamos bancarios) → apalancamiento (WACC).
- El riesgo intrínseco del tipo de sector económico.
- Tasa de interés de referencia (Bonos del Tesoro EEUU, Libor, BCE, Badlar).
- El riesgo país.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

En la práctica, la tasa de descuento elegida puede ser:

- La tasa de rendimiento de los bonos públicos (inversión pública).
- La tasa de interés que cobran los bancos por los créditos para inversión productiva (costo mínimo de capital).
- La mejor tasa de retorno sobre las inversiones alternativas de similar horizonte temporal y similar riesgo o referencias más básicas (plazo fijo, renta inmobiliaria).

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

*MÉTODOS PARA ESTIMAR LA TASA DE DESCUENTO A APLICAR:*

- Modelo de valoración de activos financieros (CAPM: Capital Asset Pricing Model)

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de} \\ \text{rentabilidad} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa libre de riesgo para el} \\ \text{país o región donde se} \\ \text{realiza la actividad} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{El producto del riesgo sistemático de} \\ \text{las actividades del sector específico y} \\ \text{del premio por riesgo del mercado} \\ \hline \end{array}$$

- Costo medio ponderado de capital (WACC: Weighted Average Cost of Capital)

Complementa al anterior, adicionando el costo marginal de endeudamiento, ponderando ambos componentes en función del llamado apalancamiento (cociente entre deuda y capital) empresario óptimo o real. →

*Costo de Capital: tasa que debe reflejar las condiciones vigentes en el mercado para actividades de riesgo similar.*



## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### *MÉTODO CAPM*

Los parámetros para la determinación del CAPM son:

$$r_{CAPM} = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f)$$

siendo:

$r_{CAPM}$ : tasa de rentabilidad esperada del capital propio;

$r_f$ : tasa de retorno del activo libre de riesgo;

$\beta$ : riesgo sistemático del sector específico;

$r_m - r_f$ : tasa de retorno del Mercado menos tasa libre de riesgo.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### *DEFINICIÓN DEL VALOR DE LAS COMPONENTES INDIVIDUALES DEL CAPM*

**A.** El valor de la tasa libre de riesgo ( $r_f$ ): rendimientos básicos de largo plazo alineados con el mercado de bonos de los EEUU, a los que se les suele adicionar la tasa de riesgo país.

$r_f$  = bono del tesoro de USA (Federal Reserve Bonds) a 10/30 o más años, o tasa LIBOR (London Inter-Bank Offer Rate) considerando tal tasa como la relevante a largo plazo.

A la cifra así obtenida se le adiciona un plus por riesgo país, basado usualmente en la sobre-tasa que deben pagar los gobiernos para colocar nueva deuda.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### *DEFINICIÓN DEL VALOR DE LAS COMPONENTES INDIVIDUALES DEL CAPM*

- B.** *El riesgo sistemático de la industria* ( $\beta$ ): suele establecerse según el valor respectivo vigente para empresas de igual industria en los Estados Unidos.
- C.** *El valor de referencia de la tasa de rendimiento de una cartera diversificada* ( $r_m - r_f$ ): premio por el riesgo – toma un valor de referencia para la tasa de rentabilidad de la Cartera Diversificada. Para que este término no contenga duplicaciones conceptuales, debería considerarse un referente local para el rendimiento de una cartera diversificada, sin componentes especulativos que multipliquen el riesgo.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

EJEMPLO: Premio por riesgo

Podrían identificarse las tasas que pagan las compañías de seguros de vida, suponiendo que por el destino y uso de esos fondos, las decisiones de inversión o cartera debería ser altamente conservadora, asumiendo muy poco riesgo. La utilización de elevadas tasas de descuento sobre capital propio, corresponde a industrias de mayor riesgo intrínseco que la eléctrica y del gas, como por ejemplo, la industria petrolera.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### MÉTODO WACC

$$r = \frac{D}{D + E} \cdot r_d + \frac{E}{D + E} \cdot r_{CAPM}$$

siendo:

$r$ : tasa de rentabilidad esperada;

$D/(D + E)$ : porción de deuda (*debt*);

$E/(D + E)$ : porción de capital propio (*equity*);

$r_d$ : tasa marginal de endeudamiento;

$r_{CAPM}$ : tasa de rentabilidad esperada del capital propio.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### *COMPONENTES DEL WACC*

- El *primer término* refleja la porción de deuda y está multiplicada por la tasa de interés que se paga por conseguir fondos en el mercado, excluyendo impuestos.
- El *segundo término* refleja la porción del capital propio multiplicado por su costo.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.5. Elección de la tasa de descuento

#### *LIMITACIONES COSTO DE CAPITAL*

- ✓ Se suele fijar para la evaluación conjunta de distintos sectores.
- ✓ Las componentes pueden variar entre períodos de revisión.
- ✓ Pueden duplicar conceptos de riesgo.
- ✓ Muchas veces se desconoce el riesgo sistemático de mercado.
- ✓ Usualmente se fija por el método WACC.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

*VALOR ACTUAL NETO (VAN)*. Para una inversión genérica, el VAN se define como la suma en el tiempo de la diferencia entre ingresos y egresos anuales actualizados.

$$VAN = \sum_{n=1}^T \frac{B_n - C_n}{(1 + R)^n}$$

*El indicador VAN está intrínsecamente afectado por la tasa de descuento adoptada.*

siendo:

$B_n$ : los ingresos en el año  $n$ ;

$C_n$ : el dinero erogado para la inversión y los gastos de funcionamiento en el año  $n$ ;

$R$ : la tasa de descuento nominal;

$T$ : el número total de años que corresponde a nuestro horizonte de tiempo;



## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

*EJEMPLO: Si consideramos un proyecto en un horizonte de 20 años, con la inversión total en año 0, y llamando FC al flujo de caja operativo (ingresos – egresos), entonces el VAN es:*

$$VAN = -I_0 + \frac{FC_1}{(1+R)} + \frac{FC_2}{(1+R)^2} + \frac{FC_3}{(1+R)^3} + \dots + \frac{FC_{20}}{(1+R)^{20}}$$

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Egresos	-1000	-500	-200	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-500
Ingresos	0	100	200	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	0
FC	-1000	-400	0	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	-800
FC actualizado	-1000	-381	0	233	222	212	201	192	183	174	166	158	150	143	136	-385
FC actualizado acumulado	-1000	-1381	-1381	-1148	-926	-714	-513	-321	-138	36	202	360	510	653	790	405

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

*TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)*. Es el valor de la tasa de descuento para la cual se anula el Valor Actual Neto (VAN).

$$\sum_{n=1}^T \frac{B_n - C_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Se calcula mediante sucesivas iteraciones (*las planillas de cálculo suelen tener la función de TIR o TRI*). Si la tasa de descuento elegida es inferior a la TIR, el proyecto es rentable.

*El indicador TIR no se ve afectado por la elección de la tasa de descuento.*

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

*PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PBT)*. Es el valor de  $T$  (años) para los que la suma de los flujos de caja acumulados es nula:

$$\sum_{n=1}^T \frac{B_{PBT} - C_{PBT}}{(1 + R)^{PBT}} = 0$$

Mide el tiempo en años para devolver la inversión realizada con los flujos de caja del proyecto.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

*ÍNDICES DE RENDIMIENTO Y CAPITAL INVERTIDO.* El VAN y la TIR pueden evaluar, en función del origen del capital (propio o bancario).

La formulación del VAN y la TIR será diferente en ambos casos:

- *Rendimiento del proyecto:* independientemente de la forma en que se financia el proyecto (o un proyecto con capital propio exclusivamente). En los flujos de caja de salida debe ser considerada la inversión total en correspondencia de los años de aplicación, y los índices calculados se definen VAN y TIR de la inversión (VAN/I o VANI, TIR/I o TIRI).

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

*ÍNDICES DE RENDIMIENTO Y CAPITAL INVERTIDO.* El VAN y la TIR pueden evaluar, en función del origen del capital (propio o bancario).

La formulación del VAN y la TIR será diferente en ambos casos:

- *Rendimiento sobre el capital propio:* en presencia de financiación de terceros para cubrir parte de la inversión. En los egresos figura sólo el capital propio al momento (año) en el que se desembolsa (generalmente año 0), y la cancelación de las cuotas de la deuda según el plan de pago. Calculando así el VAN y la TIR sobre el capital (VAN/C o VANc, TIR/C o TIRc).

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.6. Índices de rentabilidad relevantes

#### ALGUNAS REFLEXIONES

- Descartar los efectos de la incertidumbre (contexto tarifario cambiante).
- En una economía en desarrollo, existe la necesidad de emprender un gran número de proyectos (tasa baja), pero:
  - mayores riesgos: exigen un mayor retorno.
  - tasa de descuento *aceptable*.
- Su *determinación* enfrenta dificultades técnicas y la necesidad de formular claros juicios de valor –subjetivos– que arrojarán beneficiados y perjudicados.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

La idea principal es establecer en qué medida estas situaciones de riesgo pueden llegar a afectar los resultados del proyecto, con el fin de poder definir eventuales acciones destinadas a reducir las consecuencias negativas que pueden esperarse de situaciones futuras inciertas.

Es de vital importancia establecer cuáles de estas variables tienen una influencia decisiva y cuáles no. Para ello, se recurre habitualmente a un *análisis de sensibilidad* que consiste, básicamente, en determinar la relación existente entre la variación del valor asignado a cada variable interviniente en el flujo de fondos, y el valor resultante de los métodos de evaluación financiera.

$$\frac{\partial VAN}{\partial \varepsilon} \quad \frac{\partial TIR}{\partial \varepsilon}$$

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

#### PASOS PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

- Se elige una variable del flujo de fondos a la cual se le aplican distintas variaciones porcentuales (positivas y negativas) sobre su valor estimado originalmente, manteniendo todas las demás variables constantes
- Por cada variación porcentual que se aplica a la variable en cuestión, se debe recalcular el VAN o la TIR, del proyecto.
- Las series formadas de esta forma, es decir (porcentaje de variación, VAN o TIR) se vuelcan a un gráfico bidimensional.

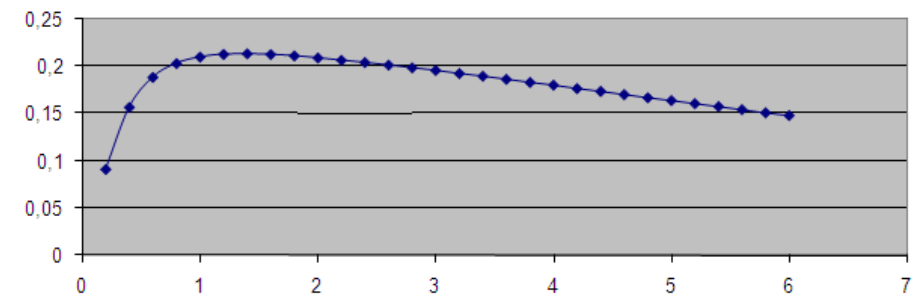


## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

#### PASOS PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Los tres pasos anteriores se deben repetir para todas las variables que conforman el flujo de fondos. Una vez establecidas aquellas variables que tienen mayor importancia, en términos de riesgo, es necesario considerar los cursos de acción a adoptar, ya sea para reducir la incertidumbre relativa a la estimación que se ha hecho, o para minimizar las consecuencias negativas que estas variables puedan causar.



## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	VAN	VARIACION EN LA DEMANDA TOTAL DE PANELES DVH									
	\$242.677	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%	-30%	-35%	-40%	-45%
VARIACION DEL PRECIO DE PANELES DVH EN EL MERCADO MAYORISTA	0%	242.677	218.645	194.615	170.584	146.553	122.522	98.491	74.459	50.428	26.397
	-5%	151.058	131.608	112.158	92.708	73.258	53.807	34.357	14.907	-4.543	-23.993
	-10%	59.439	44.570	29.701	14.832	-38	-14.907	-29.776	-44.645	-59.514	-74.383
	-15%	-32.180	-42.468	-52.756	-63.044	-73.333	-83.621	-93.909	-104.197	-114.486	-125.937
	-20%	-123.799	-129.532	-136.087	-142.662	-149.436	-156.847	-164.385	-172.642	-181.809	-190.351
	-25%	-241.012	-243.452	-245.892	-248.332	-250.772	-253.213	-255.653	-258.093	-260.533	-262.973
	-30%	-375.813	-371.495	-367.177	-362.859	-358.541	-354.224	-349.906	-345.588	-341.270	-336.952
	-35%	-516.765	-505.400	-494.034	-482.669	-471.303	-459.938	-448.572	-437.207	-425.841	-414.476
	-40%	-657.717	-639.304	-620.891	-602.478	-584.065	-565.652	-547.239	-528.826	-510.413	-492.000
	-45%	-798.669	-773.209	-747.748	-722.287	-696.827	-671.366	-645.905	-620.445	-594.984	-569.523

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

#### EVALUACIÓN DE INVERSIONES EN CONDICIONES DE RIESGO

Inversionista racional adverso al Riesgo

Ante dos proyectos con igual VAN esperado, se elegirá el proyecto con menor riesgo

Ante dos proyectos con igual riesgo, se elegirá el proyecto con mayor VAN esperado

Herramienta de decisión: *Coeficiente de Variación (CV)*. Es el cociente entre el desvío estándar del proyecto ( $\sigma$ ), como medida del riesgo, y el valor esperado del VAN. Es decir, es una medida relativa del riesgo del proyecto. Cuanto menor sea el CV, mejor el proyecto.

$$CV = \frac{\sigma}{E(VAN)}$$

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

#### MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN Y DECISIÓN

- Valor Esperado Máximo: Se elige el proyecto que proporcione un valor esperado del VAN más alto. *NO* tiene en cuenta el riesgo.
- Modelo equivalente cierto: Ajusta los flujos de caja del proyecto por un factor que represente un punto de indiferencia entre un flujo del que se tenga certeza y el valor esperado de un flujo sujeto a riesgo.
- Árboles de decisión: Las decisiones futuras van a verse afectadas por las acciones del presente. Por lo tanto, es importante considerar la secuencia de decisiones, conociendo la probabilidad de ocurrencia de los eventos futuros.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

#### MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN Y DECISIÓN

- Tasa de descuento ajustada: se ajusta la tasa de descuento utilizada para la actualización de los flujos de caja en función del riesgo. Inconvenientes: penaliza más a los proyectos de más largo plazo; dificultad para definir la tasa de descuento apropiada.

Para los diferentes métodos es fundamental conocer la distribución de probabilidad de los flujos de caja del proyecto para facilitar el cálculo del riesgo. Esto rara vez se conoce con certeza.

## B.2. ELEMENTOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA INVERSIÓN

### B.2.7. Análisis de sensibilidad

#### MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN Y DECISIÓN

En el método de Tasa de Descuento Ajustada, este inconveniente intenta *salvarse* mediante el modelo de CAPM complementado con el WACC. Si bien este método presenta numerosas dificultades, en especial en economías de mayor inestabilidad, es uno de los más utilizados en el mundo.

Para enriquecer el análisis, este método puede complementarse con análisis de sensibilidades o análisis de diferentes escenarios, observando la respuesta del proyecto ante cambios en las variables más críticas.

# B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

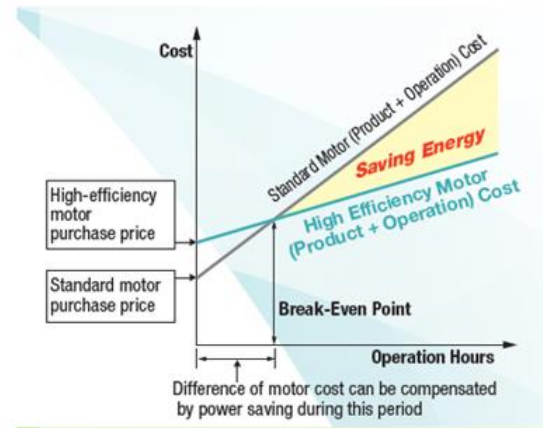
## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

Consideremos un proyecto de inversión en el sector energético, con una vida útil de  $n$  años.

El mismo puede ser:

- Construcción de plantas para la producción de energía.
- Intervención en eficiencia energética.





## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

En ambos tipos de inversiones, habiendo considerado la inversión inicial exclusivamente en el año 0, el flujo de caja será dado por la siguiente fórmula:

$$FC_j = P_j \cdot Q_j \pm OM_j$$

siendo:

$Q_j$ : la cantidad de energía producida o no consumida en el año  $j$ ;

$P_j$ : el precio medio por unidad de energía producida o no consumida en el año  $j$ ;

$OM_j$ : los costos de gestión y de mantenimiento (operación y mantenimiento) en el año  $j$ .

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

*AHORRO REAL DE ENERGÍA.* Se determina comparando el consumo, o la demanda, antes y después de la implementación de un proyecto de eficiencia energética o de la instalación de una fuente de generación de energía, al tiempo que se realizan los ajustes necesarios según la variación de las condiciones iniciales.

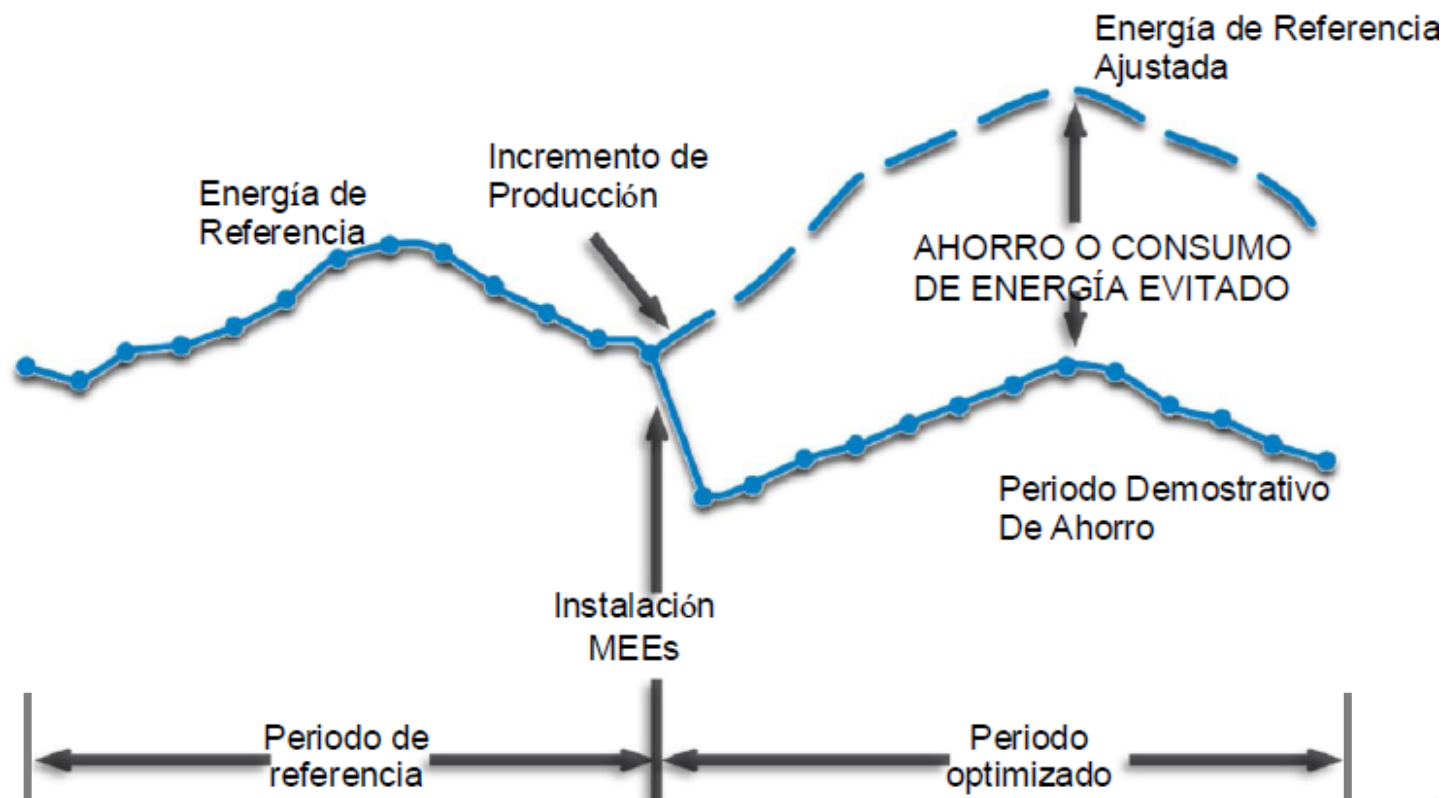
$$\text{Ahorro Energía} = \text{Energía período de referencia} - \text{Energía período demostrativo} \pm \text{Ajustes}$$

Es necesario separar el efecto que tienen sobre el consumo de energía un proyecto de eficiencia energética o de producción de energía del efecto que generan otros cambios que se producen de manera simultánea, y que repercuten en los equipos que consumen energía.

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

*AHORRO REAL DE ENERGÍA.*



## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

#### *PRECIO DE LA ENERGÍA*

El precio unitario de la energía será, en función del tipo de proyecto:

- El precio de mercado de la energía producida (por ejemplo, la electricidad producida por la planta de energía eólica), incrementado por eventuales incentivos.
- El precio unitario del vector energético actualmente utilizado que se sustituye o ahorra.

Por lo tanto tendremos que evaluar las probables tendencias de precios de la energía en sus distintas formas.

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

#### *PRECIO DE LA ENERGÍA*

Para estimar la variación de los precios de la energía, podemos realizar dos hipótesis:

1. El aumento de los precios de la energía es igual a la tasa general de inflación  $f$ :

$$P_j = P_0 \cdot (1 + f)^j \quad ; \text{ precio de la energía en el año } j.$$

$$\frac{P_j \cdot Q_j}{(1 + R)^j} = \frac{P_0 \cdot Q_j \cdot (1 + f)^j}{(1 + r)^j \cdot (1 + f)^j} = \frac{P_0 \cdot Q_j}{(1 + r)^j} \quad ; \text{ F.C. actualizado en el año } j.$$

$$VAN = -I_0 + \frac{P_0 \cdot Q_1}{(1 + r)^1} + \dots + \frac{P_0 \cdot Q_n}{(1 + r)^n}$$

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

#### *PRECIO DE LA ENERGÍA*

Para estimar la variación de los precios de la energía, podemos realizar dos hipótesis:

2. El aumento de los precios de la energía es igual a una tasa anual  $f'$  distinta de  $f$ :

$$P_j = P_0 \cdot (1 + f')^j$$

$$\frac{P_j \cdot Q_j}{(1 + R)^j} = \frac{P_0 \cdot Q_j \cdot (1 + f')^j}{(1 + r)^j \cdot (1 + f)^j}$$

$$VAN = -I_0 + \frac{P_0 \cdot Q_1 \cdot (1 + f')^1}{(1 + r)^1 \cdot (1 + f)^1} + \dots + \frac{P_0 \cdot Q_n \cdot (1 + f')^n}{(1 + r)^n \cdot (1 + f)^n}$$

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

#### *PRECIO DE LA ENERGÍA*

Se requiere determinar la dependencia del *VAN* a los precios de la energía. Así, se definen dos nuevos índices:

- El *costo de la energía producida - LCOE* (inversiones de producción de energía).
- El *costo de la energía ahorrada - LCOAE* (inversiones en eficiencia energética).

Ambos índices se pueden definir como: el precio por unidad de energía producida o ahorrada por la instalación al que debo vender (o dejar de comprar), que permite compensar todos los costos de construcción y funcionamiento de la misma, tales que  $VAN = 0$  al final de la vida útil de la planta o proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_J^N \frac{C \cdot Q_j \cdot (1 + f')^j - OM_j}{(1 + R)^j} = 0$$

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.1. Proyectos de inversión en el sector energético

*¿A QUÉ PRECIO DE VENTA/SUSTITUCIÓN SE ANULA EL VAN AL FINAL DEL PROYECTO?*

$$\underbrace{-I_0 - \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+r)^k}}_{\text{Inversión inicial y en años sucesivos}} - \underbrace{\sum_{k=1}^n \frac{(O\&M_k + F_k)}{(1+r)^k}}_{\text{Operación y mantenimiento + combustibles}} + \underbrace{\sum_{k=1}^n \frac{E_k \cdot P_{venta}}{(1+r)^k}}_{\text{Venta de energía o costo evitado por sustitución}} = VAN = 0$$



## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.2. Costo nivelado de la energía (LCOE)

El *costo nivelado de la energía (LCOE)* es un parámetro que proporciona el costo por unidad de energía generada, y que puede aplicarse a sistemas fotovoltaicos, eólicos, térmicos, geotérmicos, y a cualquier tipo de fuente de generación de electricidad.

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{k=1}^n \frac{I_k + O\&M_k + F_k}{(1+r)^k}}{\sum_{k=1}^n \frac{E_k}{(1+r)^k}}$$

siendo:

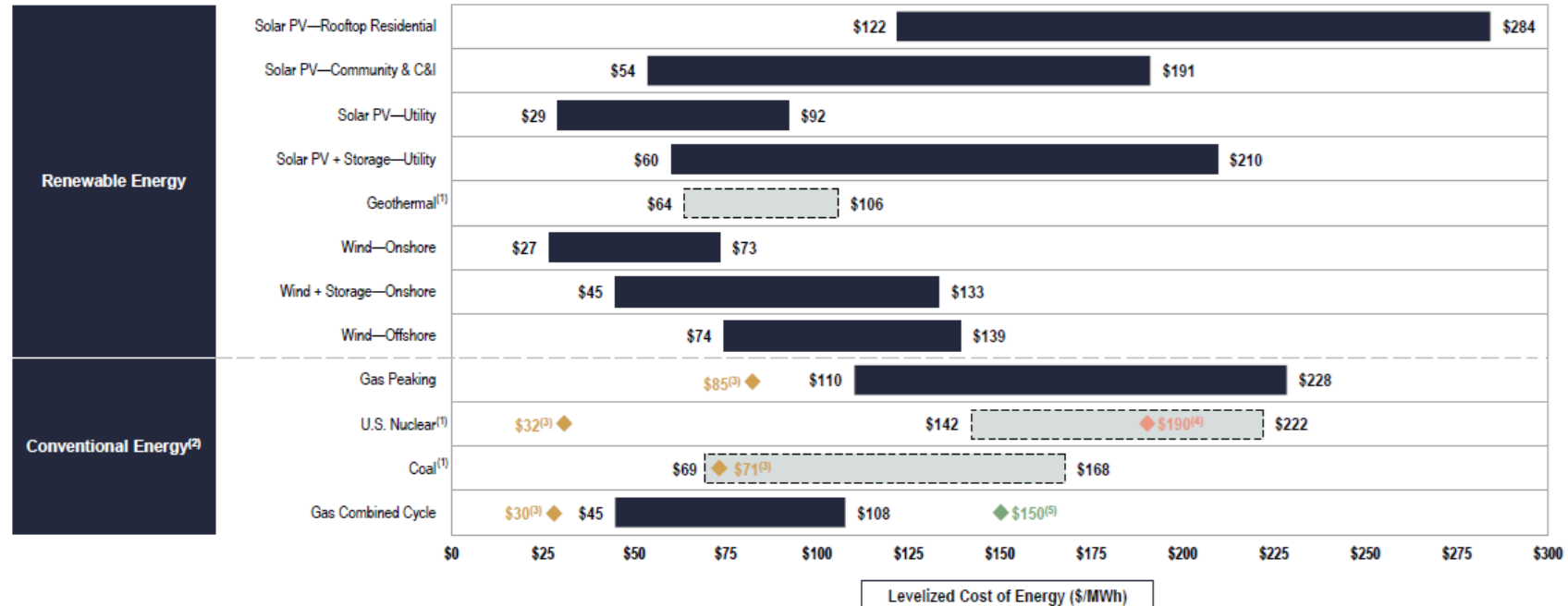
$r$ : tasa de descuento real.

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.2. Costo nivelado de la energía (LCOE)

#### Levelized Cost of Energy Comparison—Version 17.0

Selected renewable energy generation technologies remain cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



Source: Lazard and Roland Berger estimates and publicly available information.

Fuente: Lazard (Junio 2024)

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.3. Análisis multicriterio

El *análisis multicriterio* toma en consideración simultáneamente una multiplicidad de objetivos en relación con la intervención realizada, de carácter privado (imagen, política de calidad, RSE), o público (tutela del territorio, impacto en mano de obra, *impacto ambiental*). Se realizan varias propuestas alternativas de proyecto (incluyendo la opción de no hacer cambio alguno) y se diseñan funciones a optimizar o bien simplemente tablas que contemplen las ventajas y desventajas en cada sector interesado, evidenciando los conflictos y asignando factores de peso para cada uno.

$$MAX \{F(\bar{X})\}; \quad \bar{X} = (\lambda_1 \cdot x_1; \lambda_2 \cdot x_2; \dots; \lambda_n \cdot x_n)$$

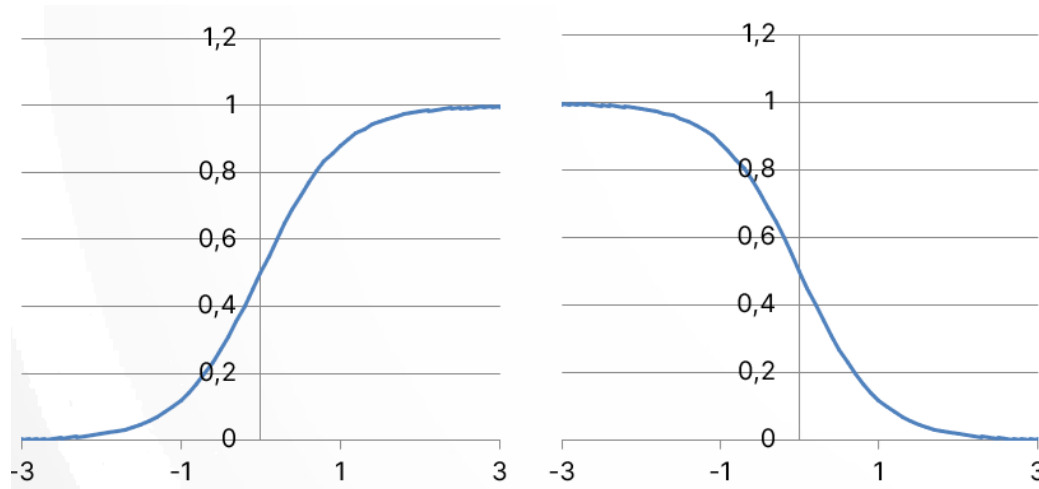
## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.3. Análisis multicriterio

*EJEMPLO. Lograr un compromiso entre rentabilidad privada (LCOE), ahorro de energía primaria y ahorro de emisiones.*

$$F(\lambda_1 \cdot LCOE; \lambda_2 \cdot PES; \lambda_3 \cdot CO_2)$$

*Se normaliza cada indicador: el dominio de la función LCOE (40;300) se transforma en (0;1).*



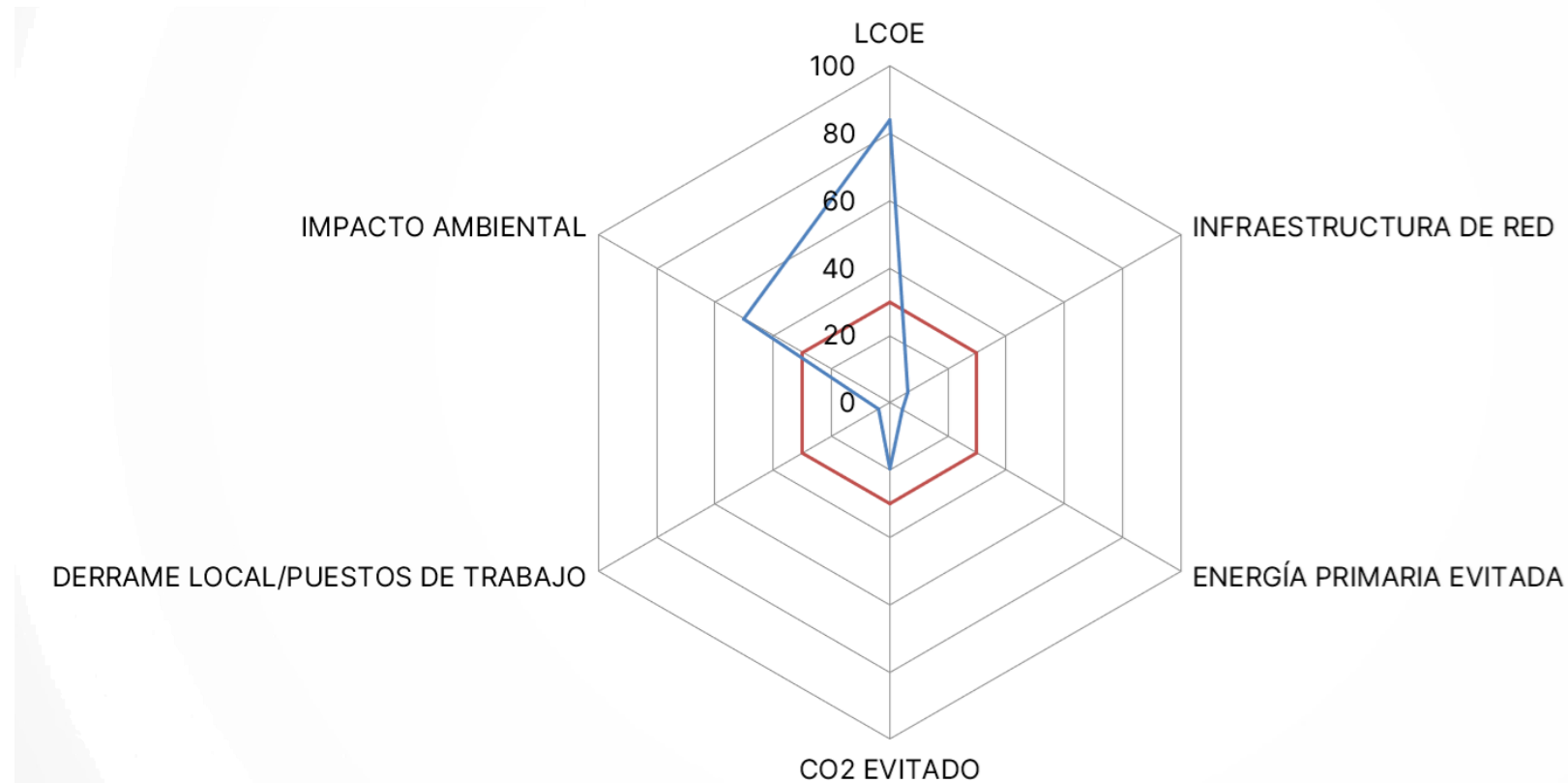
*Se asigna un peso a cada indicador y se elabora un puntaje:*

$$\text{Puntaje} = \lambda_1 \cdot LCOE + \lambda_2 \cdot PES + \lambda_3 \cdot CO_2 + \dots$$

## B.3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

### B.3.3. Análisis multicriterio

*DIAGRAMAS RADIALES:*



# B.4. ANEXO

## B.4. EJEMPLO NUMÉRICO

### B.4.1. Descripción

Sea un proyecto de planta fotovoltaica con las siguientes características:

Potencia	50	kWp
Horizonte	10	años
Costo total de la inversión (llave en mano)	1,5	USD/Wp
Índice de producción*	1400	kWh/kWp
Caída de rendimiento anual	1,5%	
Costo de O&M (fijo)	15	USD/kWp/año
Costo de O&M (variable)	0,002	USD/kWh
Tasa de descuento adoptada en USD	5,0%	

\*el índice de producción puede ser mejorado a partir de la eficiencia energética de los componentes de la instalación.

## B.4. EJEMPLO NUMÉRICO

### B.4.2. Valor de venta de energía

¿A qué valor debería venderse la energía? La descripción no lo indica. No obstante, los valores de LCOE presentados anteriormente pueden brindarnos una idea referencial.

A efectos de adoptar un perfil de inversionista de mediano riesgo, definiremos como  $P_k$  al promedio del LCOE para «Solar rooftop – PV residencial», resultando así en 203 USD/MWh, con lo cual, el valor unitario por kWh será de 0.203 USD/kWh.

Pueden elaborarse análisis de sensibilidad basados en disminuir este valor al extremo inferior.



## B.4. EJEMPLO NUMÉRICO

### B.4.3. Cálculo de los ingresos y egresos y flujos de caja

Ingresos	Unidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energía generada	kWh		70000	68950	67916	66897	65894	64905	63932	62973	62028	61098
Venta de energía	USD		\$ 14.210	\$ 13.997	\$ 13.787	\$ 13.580	\$ 13.376	\$ 13.176	\$ 12.978	\$ 12.783	\$ 12.592	\$ 12.403
Egresos												
Costos de inversión	USD	\$ 75.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos de operación	USD		\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750	\$ 750
Costos de mantenimiento	USD		\$ 140	\$ 138	\$ 136	\$ 134	\$ 132	\$ 130	\$ 128	\$ 126	\$ 124	\$ 122
Flujo de caja	USD	-\$ 75.000	\$ 13.320	\$ 13.109	\$ 12.901	\$ 12.696	\$ 12.495	\$ 12.296	\$ 12.100	\$ 11.907	\$ 11.718	\$ 11.531
Flujo de caja actualizado	USD	-\$ 75.000	\$ 12.686	\$ 11.890	\$ 11.144	\$ 10.445	\$ 9.790	\$ 9.175	\$ 8.599	\$ 8.059	\$ 7.553	\$ 7.079
Flujo de caja actualizado acumulado	USD	-\$ 75.000	-\$ 62.314	-\$ 50.424	-\$ 39.280	-\$ 28.834	-\$ 19.045	-\$ 9.869	-\$ 1.270	\$ 6.790	\$ 14.343	\$ 21.422

Puede observarse que a partir del año 8 los flujos de caja actualizados acumulados comienzan a dar retorno positivo. El VAN al fin del horizonte resulta de 21422 USD.

## B.4. EJEMPLO NUMÉRICO

### B.4.4. TIR y LCOE

TIR:	10,6927%											
Egresos actualizados		\$ 75.000	\$ 848	\$ 805	\$ 765	\$ 727	\$ 691	\$ 657	\$ 624	\$ 593	\$ 563	\$ 535
Energía actualizada			66667	62540	58668	55036	51629	48433	45435	42622	39984	37509
LCOE:	\$ 160,87	USD/MWh										

El cálculo de la TIR se realiza por iteración en la planilla de cálculo. Como la tasa de descuento (5 %) es inferior a la TIR, el proyecto muestra rentabilidad.

Por su parte, el LCOE se obtiene actualizando todos los costos a valor presente (inversión inicial en año cero más los costos anuales afectados por la tasa de descuento) y dividiendo dicho valor al anualizado año a año de la energía generada. Vemos que el LCOE resultante del proyecto es de 160.87 USD/MWh. Dado que se encuentra en el intervalo presentado anteriormente, el proyecto resulta competitivo.

## B.4. EJEMPLO NUMÉRICO

### B.4.4. Emisiones evitadas y ahorro de energía primaria

A partir de la instalación fotovoltaica, se generarían 70000 kWh en el año 1, 68950 kWh en el año 2, y así sucesivamente. Si el horizonte de la inversión es de 10 años, al final de este ciclo se habrá generado un total de 654.59 MWh. Así:

- Considerando un rendimiento de la cadena energética de electricidad de 33 %, el valor de energía primaria evitado de consumir asciende a un aproximado de 1.964 GWh EP.
- Teniendo en cuenta el mix de generación de electricidad para 2023, el cual provoca una emisión de 0.429 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh ([fuente](#)), se evitarían de emitir alrededor de 280.82 tCO<sub>2</sub>eq debido al funcionamiento de esta planta.

# Gracias por su atención.

[eficiencia@santafe.gov.ar](mailto:eficiencia@santafe.gov.ar)

Secretaría de Energía

*Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética*



Ministerio de  
Desarrollo Productivo



Ministerio de  
Desarrollo Productivo