



Módulo 8

Aspectos financieros de los proyectos de rehabilitación

Desarrollado por AdEPorto (Agencia de Energía de Oporto)



Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Resumen del módulo 8



Este módulo analiza la evaluación financiera y económica de los proyectos de rehabilitación energética de edificios, haciendo hincapié en que las decisiones de inversión requieren viabilidad financiera a largo plazo, además del rendimiento técnico. Examina el contexto europeo de la financiación de la rehabilitación, conceptos clave de costes como CAPEX, OPEX y flujo de caja, e indicadores fundamentales como el ROI, la TIR, el VAN y el periodo de amortización. También destaca el análisis del coste del ciclo de vida e incluye aplicaciones prácticas para respaldar la toma de decisiones informadas.

Contenido del módulo 8

Lección 53	Financiación y evaluación económica de la rehabilitación energética de edificios
Lección 54	Flujos de caja, CAPEX, OPEX y costes indirectos
Lección 55	Indicadores económicos
Lección 56	Análisis del coste del ciclo de vida
Lección 57	Ejercicio sobre el análisis del coste del ciclo de vida

LECCIÓN 53

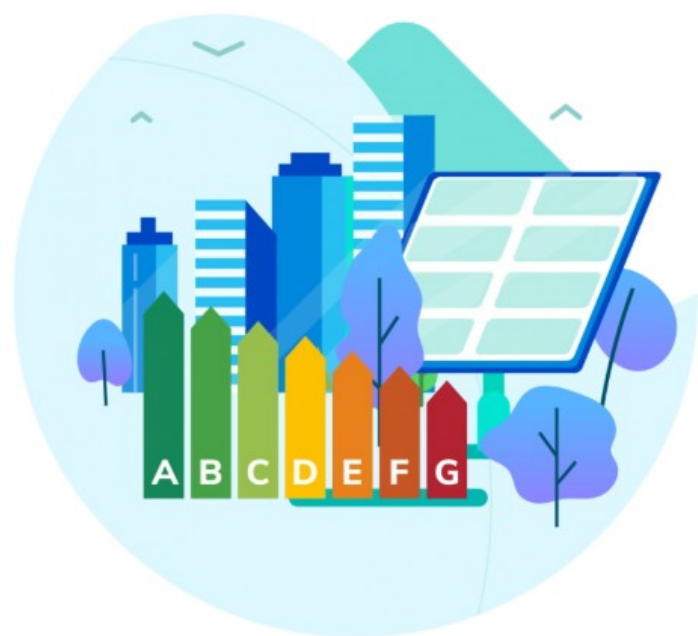
Financiación y evaluación económica de la rehabilitación energética de edificios

Objetivos de la lección 53

1. Comprender los flujos de caja como el movimiento de dinero que entra y sale de un proyecto, lo que refleja la salud financiera y la sostenibilidad.
2. Distinguir el gasto de capital (CAPEX) como inversiones iniciales en activos que mejoran el rendimiento futuro.
3. Identificar los gastos operativos (OPEX) como costes recurrentes para el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas.
4. Reconocer los costes indirectos como gastos esenciales no vinculados a activos físicos, que respaldan la viabilidad, el cumplimiento normativo y el funcionamiento eficaz.
5. Analizar las entradas y salidas de efectivo para calcular el flujo de caja neto y evaluar la rentabilidad del proyecto.

53.1 Introducción a la financiación y la evaluación económica de la rehabilitación energética de edificios

La rehabilitación energética del parque inmobiliario europeo es esencial para alcanzar la neutralidad en carbono para 2050, ya que la mayoría de los edificios existentes seguirán en uso, pero son ineficientes desde el punto de vista energético. Se necesitan rehabilitaciones profundas, pero los elevados costes iniciales y la capacidad financiera limitada requieren soluciones de financiación innovadoras. La evaluación económica mediante el VAN, la TIR, el periodo de amortización y el LCCA respalda estrategias rentables y sostenibles.



Importancia de la financiación y la evaluación económica de la rehabilitación energética de edificios

- Los edificios son una fuente importante de consumo energético y de emisiones en la UE
- La mayoría de los edificios existentes seguirán en uso en 2050, pero son en gran medida ineficientes
- Las renovaciones profundas son esenciales para la eficiencia energética, las energías renovables y la digitalización
- Los elevados costes iniciales y la capacidad financiera limitada hacen que la financiación sea fundamental
- La evaluación económica (VAN, TIR, periodo de amortización, LCCA) orienta la toma de decisiones sostenibles y rentables

53.2 Por qué es importante la rehabi

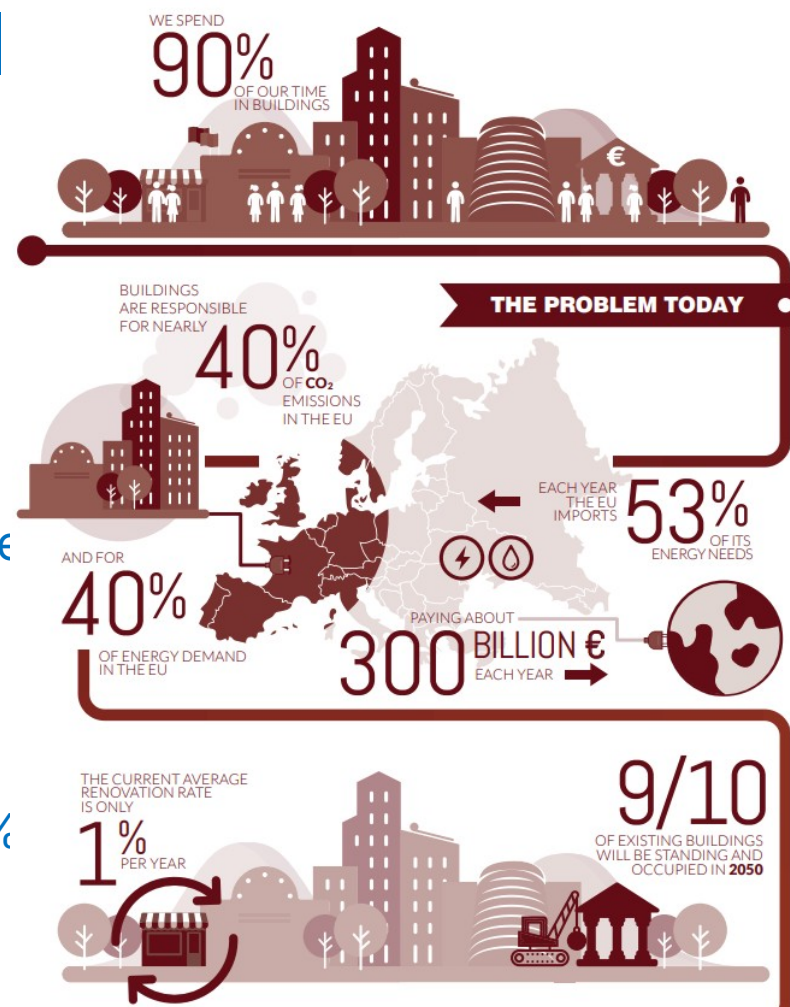
El sector de la construcción desempeña un papel crucial en el sistema energético europeo.

- Los edificios representan aproximadamente el 40 % del consumo final de energía en la UE.
- Son responsables de alrededor del 36 % de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía.

Alrededor del 75 % del parque inmobiliario de la UE es energéticamente ineficiente

La tasa de renovación es actualmente de solo alrededor del 1 % al año

Sin una aceleración, no se podrán alcanzar los objetivos de neutralidad climática. Los edificios representan aproximadamente el 40 % del consumo final de energía en la



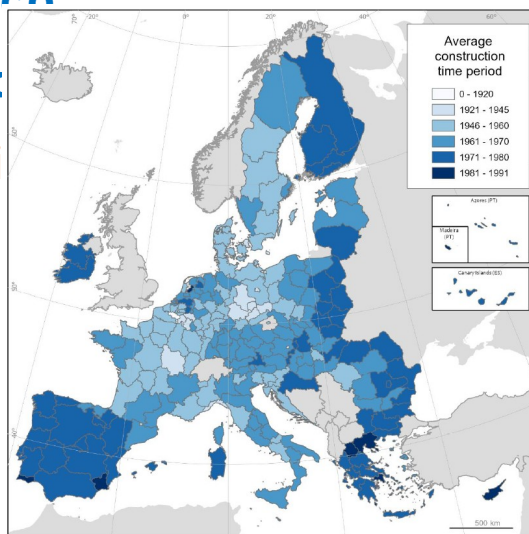
53.3 Antigüedad y estado del parque inmobiliario

Una gran parte del parque inmobiliario europeo es **antiguo y poco eficiente desde el punto de vista energético**.

- Muchos edificios se construyeron **antes de 1970**, cuando las normas de eficiencia energética eran limitadas o inexistentes.
- Aproximadamente **el 75 % de los edificios existentes se consideran ineficientes desde el punto de vista energético**.

- Casi la mitad de

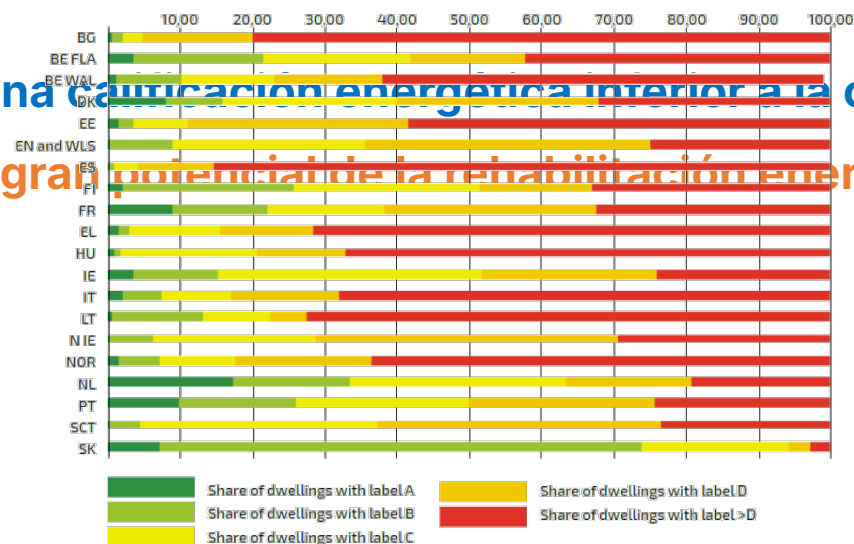
Esto pone de relieve el gran potencial de la rehabilitación energética en toda Europa



Antigüedad media del parque inmobiliario residencial en la UE

tiene una calificación energética inferior a la clase D.

El gran potencial de la rehabilitación energética en toda Europa



Porcentaje de calificaciones de eficiencia energética registradas en toda la UE.

https://energy.ec.europa.eu/index_en?redir=1

53.4 Marco normativo de la UE: marco normativo europeo para la rehabilitación de edificios

La Unión Europea ha introducido varias políticas para acelerar la descarbonización del sector de la construcción.

La Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios (EPBD) establece el principal marco normativo para mejorar el rendimiento energético de los edificios y lograr un **parque inmobiliario totalmente descarbonizado para 2050**.

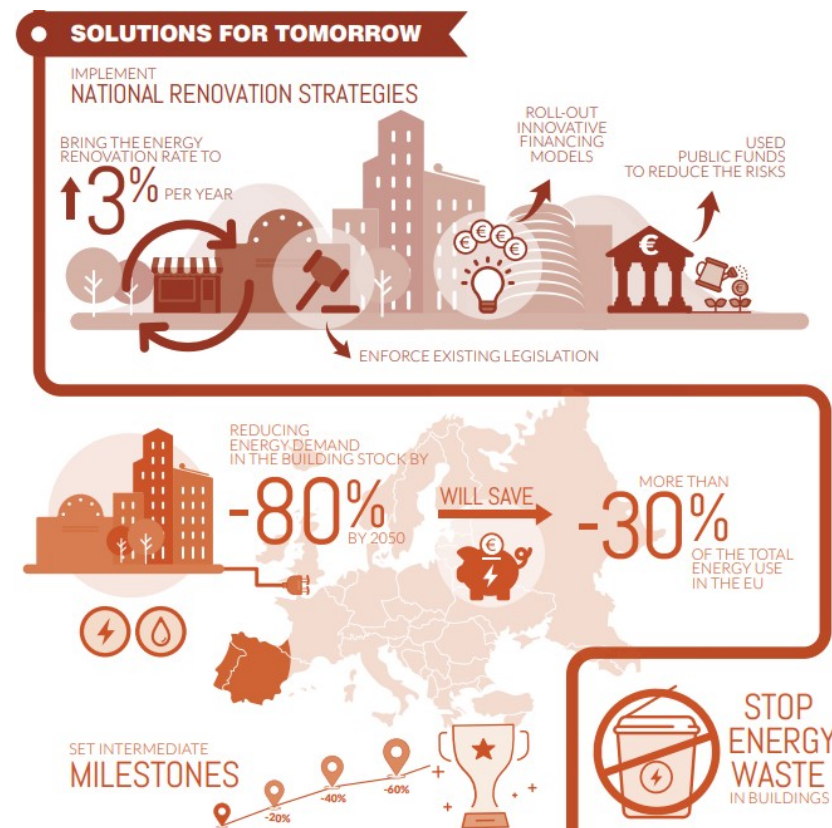
Entre los objetivos clave se incluyen:

- **Edificios de cero emisiones** para los edificios públicos para **2028**
- Requisitos de cero emisiones para todos los edificios nuevos para **2030**
- Reducción del consumo de energía primaria en el sector residencial en **un 16 % para 2030 y entre un 20 % y un 22 % para 2035**

La Estrategia de la Ola de Renovación, puesta en marcha en 2020, complementa este marco promoviendo:

- **Duplicar la tasa de renovación anual para 2030**
- **Renovaciones energéticas profundas**
- La integración de **energías renovables y tecnologías inteligentes**

En conjunto, estas políticas tienen como objetivo acelerar la renovación y reducir el parque inmobiliario europeo en una **senda creíble hacia la neutralidad climática**.



53.5 Importancia de la rehabilitación de los edificios existentes

Alrededor del 80 % de los edificios que existen hoy en día seguirán en uso en 2050.

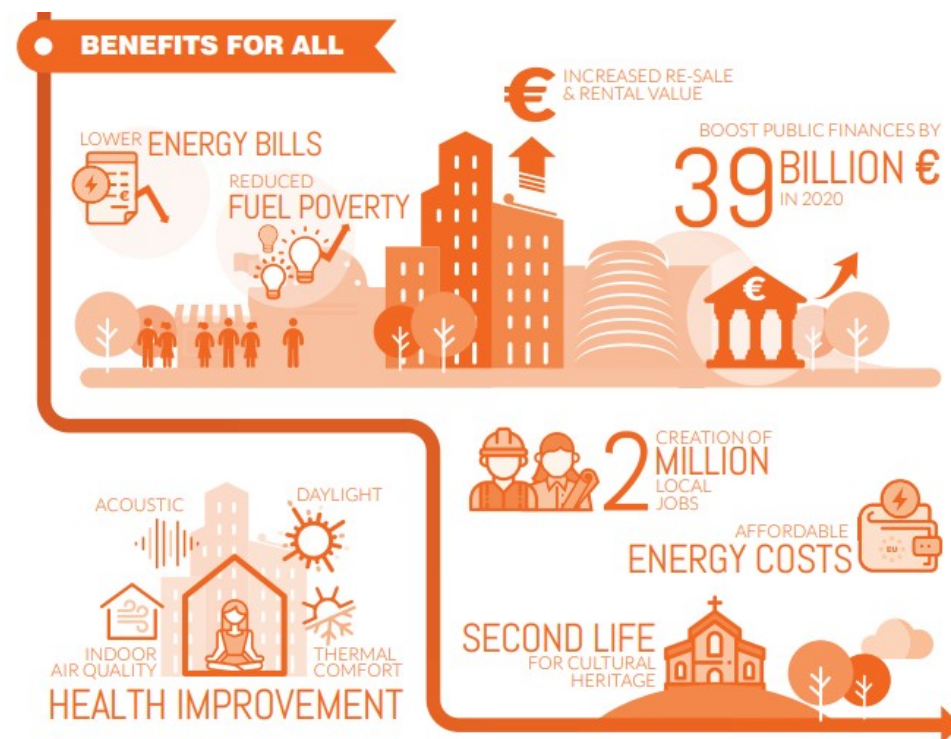
Por lo tanto, alcanzar la neutralidad climática dependerá principalmente de **la renovación del parque inmobiliario existente**, en lugar de basarse únicamente en la construcción de nuevos edificios

La rehabilitación energética puede aportar varios beneficios:

- Reducción del consumo energético y de las emisiones de gases de efecto invernadero
- Menores costes energéticos para los hogares y los propietarios de edificios
- Mejora del confort térmico y de la calidad del aire interior

Además, la rehabilitación puede aumentar el valor de los inmuebles y estimular la actividad económica en el sector de la construcción, contribuyendo a la creación de empleo y al desarrollo económico local.

- Menor vulnerabilidad a la pobreza energética
- Mayor durabilidad de los edificios y resiliencia frente al cambio climático



Co-funded by
the European Union



53.6 Requisitos para la rehabilitación profunda

Para lograr un parque inmobiliario con cero emisiones se requieren estrategias de rehabilitación integrales que mejoren significativamente el rendimiento energético global de los edificios.

Las renovaciones energéticas profundas suelen implicar una combinación de medidas, entre las que se incluyen:

- Envoltentes de edificios de alto rendimiento, como un mejor aislamiento, estanqueidad y ventanas energéticamente eficientes
- Sistemas eficientes de calefacción y refrigeración, incluyendo tecnologías como bombas de calor y sistemas avanzados de climatización
- Integración de fuentes de energía renovables, como los sistemas solares fotovoltaicos (PV)
- Sistemas energéticos inteligentes y monitorización digital, que optimizan el consumo de energía y mejoran la gestión de los edificios
- A menudo se da prioridad al 15-25 % de los edificios con peor rendimiento.

La rehabilitación profunda se centra en **mejoras sistémicas del edificio**, en lugar de medidas aisladas.



Por lo tanto, para alcanzar los objetivos climáticos a largo plazo de la UE es necesario ir más allá de las mejoras superficiales o incrementales y adoptar estrategias de renovación integradas.



53.7 Dificultades económicas

Principales obstáculos para la renovación:

- Altos costes iniciales para el aislamiento, las bombas de calor, las ventanas y los sistemas fotovoltaicos.
- Acceso limitado a la financiación, especialmente para los hogares y las pequeñas organizaciones.
- Incertidumbre económica: precios de la energía, tipos de interés, inflación y vida útil de los equipos.
- Desajuste entre el corto y el largo plazo: los beneficios se obtienen a lo largo de décadas

Necesidad de mecanismos de financiación innovadores:



Subvenciones públicas, ayudas y incentivos fiscales



Préstamos verdes y condiciones de financiación favorables

- Contratos de rendimiento energético y planes de amortización



53.8 Necesidades y requisitos de inversión

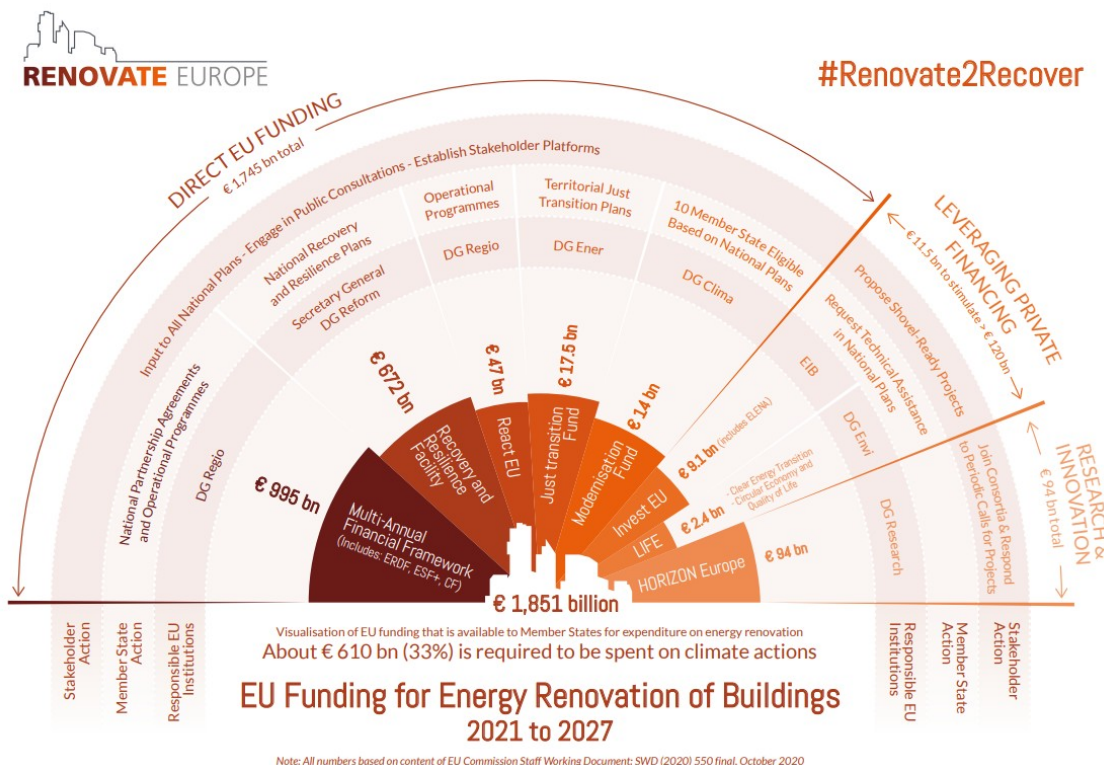
Para alcanzar los objetivos de renovación de edificios de la UE se requiere una **movilización financiera masiva**:

- Se estima que se necesitan **275 000 millones de euros al año** en inversiones adicionales para cumplir los objetivos de 2030.
- Las inversiones actuales en renovación solo cubren **aproximadamente un tercio de la cantidad necesaria**.
- El **déficit de inversión climática** en el sector de la construcción ronda los **120 000 millones de euros anuales**.

Retos para satisfacer las necesidades de inversión:

- Grandes diferencias entre países, tipos de edificios y niveles de ingresos.
- Los edificios más antiguos, los climas adversos y los hogares con bajos ingresos se enfrentan a costes más elevados.
- La vivienda pública y social puede necesitar **apoyo adicional** debido a los limitados ahorros operativos.

La **movilización de financiación tanto pública como privada es esencial** para acelerar las renovaciones profundas y situar el parque inmobiliario de la UE en la **senda de las emisiones netas cero**.



53.9 Gestión de la incertidumbre

Las evaluaciones económicas deben tener en cuenta la incertidumbre y los parámetros financieros a largo plazo.

- Métodos como el análisis de sensibilidad y las simulaciones de Monte Carlo ayudan a evaluar la solidez de las inversiones en renovación.
- La tasa de descuento es uno de los parámetros más influyentes en la evaluación económica.
- Las tasas de descuento más altas tienden a favorecer las inversiones con un periodo de recuperación corto y a reducir el valor de los ahorros a largo plazo.
- Las tasas de descuento social más bajas, que suelen utilizar las autoridades públicas, tienen en cuenta beneficios sociales más amplios, como las mejoras en la salud y la reducción de emisiones.



53.10 Modelos de evaluación e indicadores financieros

Para evaluar el rendimiento económico de las rehabilitaciones de edificios se necesitan modelos sólidos e indicadores financieros.

Modelos de evaluación:

- **Análisis coste-beneficio (ACB):** compara todos los costes y beneficios, incluidos los impactos sociales.
- **Evaluación del ciclo de vida (LCA):** se centra en los impactos ambientales, como las emisiones y el uso de recursos.
- **Análisis de costes del ciclo de vida (LCCA):** evalúa **todos los costes a lo largo del ciclo de vida del edificio**, incluyendo la inversión, la explotación, el mantenimiento, la sustitución y el fin de la vida útil.

Indicadores financieros:

- **Valor actual neto (VAN):** Mide el valor económico global a lo largo del tiempo.
- **Tasa interna de rendimiento (TIR):** Muestra el rendimiento financiero en forma de porcentaje.
- **Período de recuperación:** Tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.
- **Flujo de caja descontado (DCF):** Organiza los flujos de caja futuros y tiene en cuenta el valor temporal del dinero.



Co-funded by
the European Union



El uso de estos modelos e indicadores ayuda a identificar estrategias de renovación rentables y a largo plazo alineadas con los objetivos climáticos de la UE.



53.11 Por qué el LCCA es el modelo más adecuado

El análisis del coste del ciclo de vida (LCCA) ofrece la evaluación más completa:

Incluye:

- Costes de inversión iniciales
- Costes de funcionamiento (p. ej., consumo de energía)
- Costes de mantenimiento
- Sustitución de componentes
- Costes al final de la vida útil
- Valor residual (cuando proceda)

Aplica **un descuento** coherente a lo largo del tiempo

Se ajusta a:

Marco de coste óptimo de la EPBD
Normas ISO 15686-5

Proporciona la **base más sólida para tomar decisiones de renovación a largo plazo.**

Los impactos ambientales también pueden evaluarse integrándolo en un análisis del ciclo de vida (CO₂, emisiones y materiales).

53.12 Conclusiones

El sector de la construcción desempeña un papel crucial para alcanzar la neutralidad climática de la UE en 2050.

- Alrededor **del 75 % del parque inmobiliario de la UE es ineficiente desde el punto de vista energético**, mientras que **el 80 % de los edificios actuales seguirán existiendo en 2050**.
- **La tasa de renovación actual (~1 %) está muy por debajo de lo necesario** para cumplir los objetivos climáticos.

Reto principal

- La transición requiere **una inversión financiera masiva**, estimada en **275 000 millones de euros anuales**, con un **déficit de inversión actual de unos 120 000 millones de euros al año**.

Requisito clave

- Para apoyar una renovación profunda son esenciales **una evaluación económica eficaz y mecanismos de financiación**.

Conclusión

- **El análisis del coste del ciclo de vida (LCCA)** ofrece el marco más completo para evaluar las estrategias de renovación, lo que ayuda a los responsables políticos y a los inversores a identificar **soluciones sostenibles y con un coste óptimo a largo plazo**.

LECCIÓN 54

Flujos de caja, CAPEX, OPEX y costes indirectos

Objetivos de la lección 54

1. Comprender los flujos de caja como el movimiento de dinero que entra y sale de un proyecto, lo que refleja la salud financiera y la sostenibilidad.
2. Distinguir el gasto de capital (CAPEX) como inversiones iniciales en activos que mejoran el rendimiento futuro.
3. Identificar los gastos operativos (OPEX) como costes recurrentes para el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas.
4. Reconocer los costes indirectos como gastos esenciales no vinculados a activos físicos, que respaldan la viabilidad, el cumplimiento normativo y el funcionamiento eficaz.
5. Analizar las entradas y salidas de efectivo para calcular el flujo de caja neto y evaluar la rentabilidad del proyecto.

54.1 Introducción a los flujos de caja en la gestión de proyectos

En un entorno económico en constante cambio, muchos proyectos se ven en dificultades o fracasan debido a una gestión inadecuada de los flujos de caja. Esto pone de relieve la importancia fundamental de realizar un seguimiento de las entradas y salidas de efectivo. Una gestión eficaz de los flujos de caja puede influir significativamente en el éxito de un proyecto, al garantizar una liquidez suficiente, respaldar decisiones informadas sobre inversiones y asignación de recursos, y mantener un funcionamiento fluido incluso ante retos inesperados.

Importancia del flujo de caja en un proyecto de rehabilitación

- **Garantiza la liquidez** → Cubre a los contratistas, los materiales y los permisos
- **Facilita la planificación** → Previsión de costes e inversiones
- **Mejora la eficiencia** → Identifica cuellos de botella y reduce el desperdicio
- **Permite inversiones estratégicas** → Financia mejoras sin financiación adicional
- **Genera confianza entre las partes interesadas** → Demuestra control financiero y fiabilidad



54.2 Flujos de efectivo

¿Qué es el flujo de caja?

Los flujos de caja representan el movimiento de dinero que entra y sale de una empresa, organización o proyecto durante un periodo de tiempo específico.

$$\text{Flujo de caja} = \text{Entradas totales de efectivo} - \text{Salidas totales de efectivo}$$

También conocido como flujo de caja neto

Tipos de flujos de efectivo

Flujo de caja operativo

- Ingresos por ventas
- Pago de gastos de explotación

Flujo de caja de inversión

- Compra o venta de activos
- Inversión en equipos o nuevos proyectos

Flujo de caja de financiación

- Préstamos y créditos
- Amortización de deuda
- Pagos de intereses y dividendos

Interpretación

Flujo de caja positivo → Entradas > Salidas

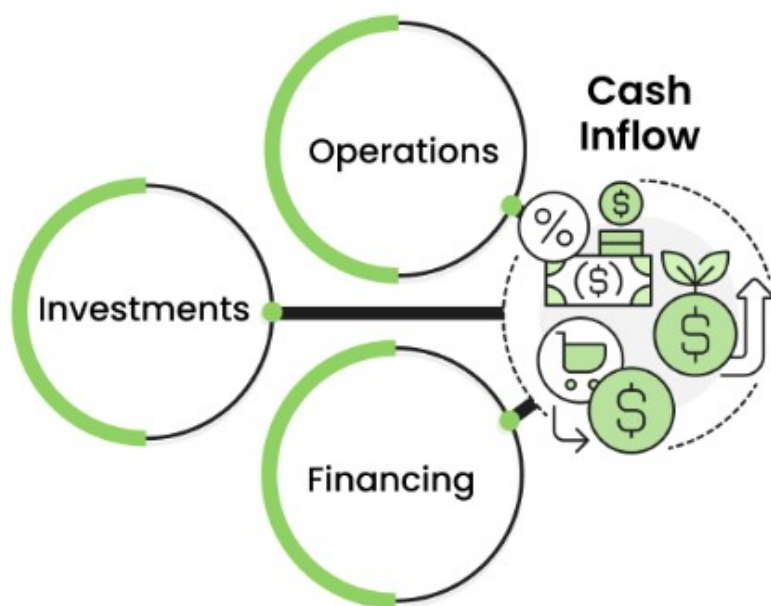
Flujo de caja negativo → Salidas > Entradas

Aspectos importantes a evaluar: liquidez; sostenibilidad; viabilidad del proyecto

54.3 Entradas de efectivo

¿Qué son los flujos de caja?

Los flujos de caja representan los ingresos o beneficios económicos generados a lo largo de la vida del proyecto y reflejan el valor financiero real, aunque no se reciban como pagos directos.



Interpretación

Ahorro en costes energéticos → Reducción de las facturas de electricidad o gas

Ingresos por el exceso de energía → Venta del excedente de electricidad

Incentivos y subvenciones → Ayudas públicas o desgravaciones fiscales

Créditos de carbono → Venta de reducciones de emisiones

Valor residual del equipo → Recuperación o reventa

Papel en el análisis financiero

Ingresos → Ingresos por ventas y servicios; ayudan a recuperar la inversión inicial e impulsan la rentabilidad del proyecto.

Ahorro de costes → Reducción de los gastos operativos; mejora la eficiencia operativa; reduce los gastos recurrentes.

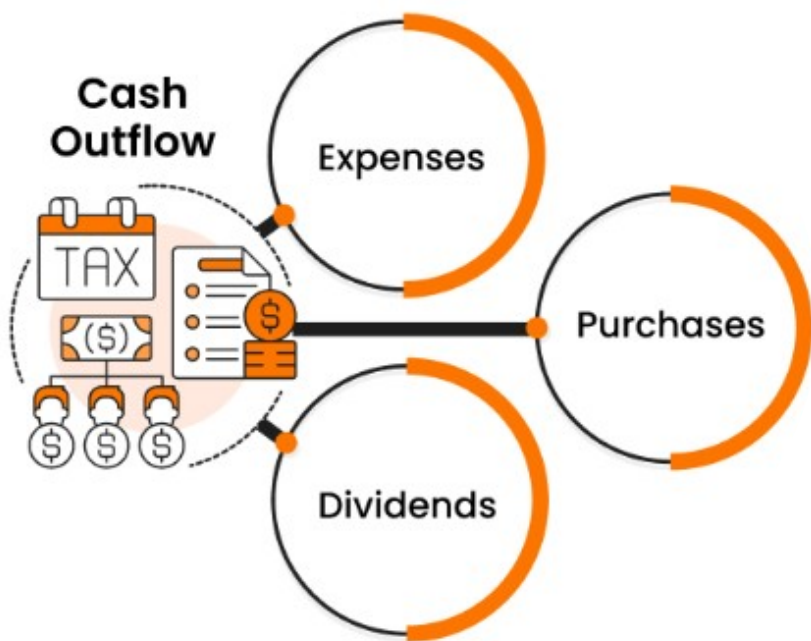
Incentivos → Subvenciones y ayudas; mejora la viabilidad del proyecto.

Valor residual → Recuperación y eliminación; contribuye a la recuperación final de efectivo.

54.4 Salidas de efectivo

¿Qué son las salidas de efectivo?

Las salidas de efectivo son los gastos necesarios para la implementación, operación y mantenimiento de un proyecto, y representan el dinero real que sale del proyecto.



Interpretación

Inversión inicial → Iluminación eficiente, mejoras en el sistema de climatización, paneles solares

Costes operativos → Mantenimiento, calibración, servicios de monitorización

Costes de financiación → Intereses de préstamos, comisiones, arrendamientos

Costes administrativos y de supervisión → Gestión de proyectos, auditorías, elaboración de informes

Papel en el análisis financiero

Inversión inicial → Gasto inicial importante; el mayor desembolso suele producirse en el año 0; fundamental para permitir la ejecución del proyecto.

Costes operativos → Costes recurrentes para mantener el sistema funcionando de manera eficiente; repercuten en el rendimiento financiero anual.

Costes de financiación → Intereses y comisiones; afectan a la rentabilidad global del proyecto y a la disponibilidad de efectivo.

Costes administrativos y de supervisión → Gastos de gestión y verificación; garantizan la correcta ejecución y el cumplimiento.

54.5 Flujos de efectivo: ejemplo

Ejemplo: Calcula el flujo de caja de una pequeña empresa que realizó varias transacciones durante el mes de marzo.

Entradas de efectivo:		Salidas de efectivo:	
Ventas en efectivo	20 000	Pago del alquiler	3.000 €
Liquidación de facturas pendientes	15 000 €	Salarios de los empleados	7.000
Dinero procedente de un préstamo bancario	5.000	Compra de nuevo equipo	4.000
Total de entradas de efectivo	40 000	Amortización del préstamo	2.000
		Facturas de servicios públicos	1.000
		Salida total de efectivo	17 000 €

$$\begin{aligned}\text{Flujo de caja} &= \text{Entrada total de efectivo} - \text{Salida de efectivo} \\ \text{Flujo de caja} &= 40\,000\,€ - 17\,000\,€\end{aligned}$$

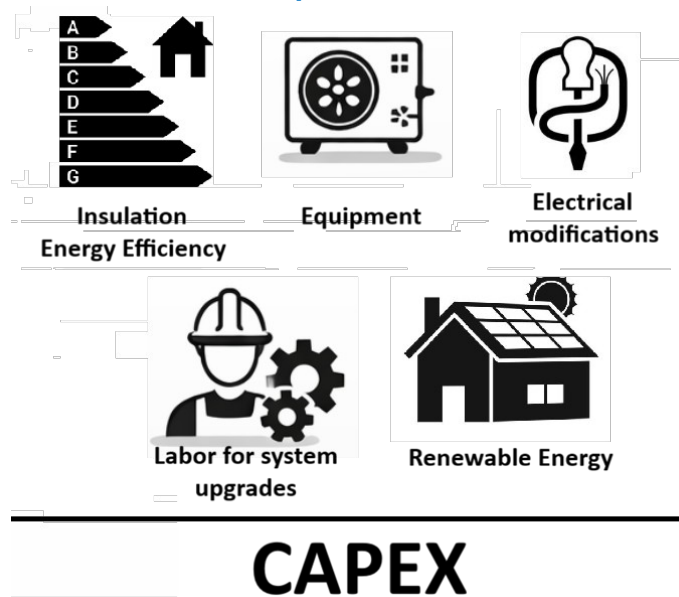
$$\text{Flujo de caja} = 23\,000\,€$$

También conocido como flujo de caja neto

54.6 Gastos de capital (CAPEX)

¿Qué es el gasto de capital (CAPEX)?

El gasto de capital se refiere a las inversiones en activos que aumentan el valor o el rendimiento, lo que conduce a una mejora de los flujos de caja futuros. Por lo general, se trata de inversiones duraderas y a largo plazo que requieren un gasto inicial significativo, pero que proporcionan rendimientos predecibles a lo largo del tiempo.



Interpretación:

Equipos: Bombas de calor, aislamiento, calderas eficientes, contadores inteligentes.

Instalación y modernización: Mano de obra para actualizaciones del sistema, modificaciones eléctricas, mejoras en los conductos.

Integración inteligente: software de gestión energética, controles de edificios, compatibilidad con energías renovables (energía solar fotovoltaica, almacenamiento)

Papel del CAPEX en los proyectos de eficiencia energética

Reducir los costes energéticos → Reducir las facturas de electricidad/gas; ahorro directo en los costes operativos

Mejora del rendimiento de los activos → Actualización de sistemas, mejora del confort, la fiabilidad y la eficiencia

Apoyo a la sostenibilidad y el cumplimiento normativo → Cumplimiento de objetivos normativos, ESG o corporativos

Mejora de la rentabilidad financiera → Amortización a largo plazo, VAN, TIR y mayor ROI

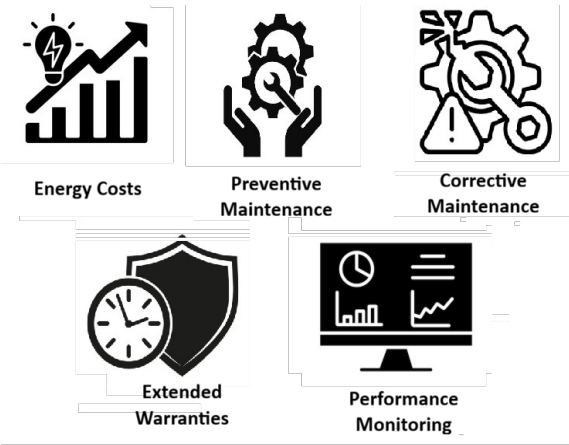
Facilitar la integración de las energías renovables → Facilitar la energía solar fotovoltaica, el almacenamiento y los controles inteligentes

Reducir las emisiones de carbono → Reducir el CO₂ y otros gases de efecto invernadero

54.7 Gastos de funcionamiento (OPEX)

¿Qué es el gasto operativo (OPEX)?

El gasto operativo se refiere a los costes continuos de funcionamiento, mantenimiento y gestión de un sistema energético a lo largo de su vida útil. En los proyectos de rehabilitación energética, el OPEX cubre todos los gastos recurrentes necesarios para mantener el sistema fiable, eficiente y conforme a la normativa.



OPEX

Interpretación

Consumo de energía: electricidad, gas, costes de biomasa u otros costes de combustible

Operación y mantenimiento (O&M): mantenimiento preventivo y correctivo; sustitución de piezas de repuesto; Intervenciones de emergencia

Servicio y supervisión: Sistemas de supervisión del rendimiento; Diagnóstico remoto; Contratos de servicio contratos

Riesgo y cobertura: Garantías ampliadas; Garantías de rendimiento; Gestión técnica externalizada gestión

El papel de los gastos operativos (OPEX) en los proyectos de eficiencia energética

Mayor flexibilidad financiera → Sin inversión inicial; aprobación presupuestaria más sencilla

Adaptación a las condiciones del mercado → Contratos flexibles; escalabilidad; respuesta a la volatilidad de los precios de la energía

Mejora la gestión del flujo de caja → Costes recurrentes predecibles; menor inmovilización de capital; preservación de la liquidez

Transferencia del riesgo técnico → Los contratos de servicio transfieren el riesgo de mantenimiento y rendimiento a proveedores

Mejorar la fiabilidad operativa → Supervisión continua; detección más rápida de averías; tiempo de inactividad minimizado

54,8 Costes indirectos

¿Qué son los costes indirectos?

Los costes indirectos son gastos que no están directamente relacionados con el equipo o la construcción, pero que son necesarios para garantizar que un proyecto de eficiencia energética o de rehabilitación funcione de manera eficaz. Ayudan a cumplir con la normativa, validar los resultados, optimizar los costes y garantizar el rendimiento a largo plazo. Aunque no generan activos físicos, influyen en el coste total, los riesgos asociados y el ahorro energético conseguido.

Interpretación

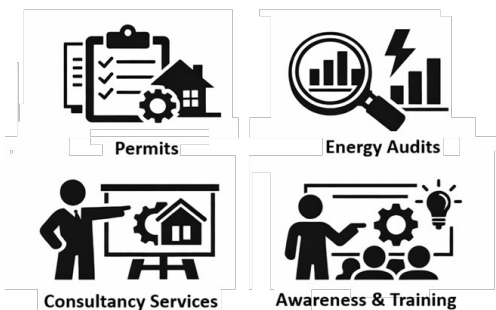
Normativa y legislación, permisos, autorizaciones medioambientales, autorización de

energías renovables

Evaluación técnica: auditorías energéticas (situación inicial y tras la rehabilitación); estudios de viabilidad

Servicios profesionales: diseño de ingeniería; consultoría; asesoramiento financiero

Desarrollo de capacidades: formación de operadores; sensibilización de los usuarios; orientación operativa



INDIRECT COSTS

El papel de los costes indirectos en los proyectos de eficiencia energética

Permiten la viabilidad del proyecto → Garantizan la viabilidad jurídica, técnica y financiera

Reducir la brecha de rendimiento → Un diseño adecuado y las auditorías mejoran la precisión de los ahorros

Optimizar la integración del sistema → Dimensionamiento y coordinación correctos de las tecnologías

Garantizar incentivos y financiación → Cumplimiento de los requisitos de la UE y nacionales

Apoyar la eficiencia a largo plazo → La formación evita el uso indebido y las pérdidas de eficiencia

pérdidas de eficiencia



Co-funded by
the European Union



54.9 Conclusiones

1. Los flujos de caja son esenciales para la salud del proyecto

El seguimiento de las entradas y salidas de dinero revela la liquidez, la sostenibilidad y la rentabilidad. Incluso los proyectos rentables pueden sufrir dificultades financieras si las entradas de efectivo no cubren las obligaciones inmediatas.

2. El CAPEX y el OPEX desempeñan funciones complementarias

CAPEX: inversión inicial en activos que mejoran el rendimiento futuro; ofrece rendimientos a largo plazo, pero con un alto coste inicial.

OPEX: Costes operativos y de mantenimiento recurrentes; flexibles, pero afectan a las salidas de efectivo a largo plazo.

3. Los costes indirectos son cruciales

Gastos como consultoría, auditorías, formación y permisos respaldan la viabilidad, el cumplimiento normativo y el funcionamiento eficaz.

Descuidar los costes indirectos puede reducir el ahorro previsto y el rendimiento del proyecto.

4. El análisis integrado guía las decisiones estratégicas

La evaluación de las entradas y salidas de efectivo permite calcular el flujo de caja neto (NCF), el periodo de recuperación de la inversión, el VAN y la TIR.

Los proyectos de eficiencia energética, por ejemplo, convierten el ahorro operativo en flujos de caja positivos para cubrir el CAPEX y sostener el OPEX.



Co-funded by
the European Union



5. La formación y la supervisión mejoran la eficacia

Una formación adecuada de los operadores y un seguimiento del rendimiento garantizan que los sistemas generen



LECCIÓN 55

Indicadores económicos



Co-funded by
the European Union



Objetivos de la lección 55

1. SPP – Periodo de recuperación simple (Comprender: muestra cuánto tiempo se tarda en recuperar la inversión inicial; comparar proyectos a corto plazo y elegir el que recupere el dinero más rápidamente. Resumen de las unidades comerciales típicas de HP que utilizan este ciclo.)
2. DPP – Periodo de recuperación descontado (Comprender: muestra cuánto tiempo se tarda en recuperar la inversión teniendo en cuenta el valor temporal del dinero; evaluar el riesgo y la liquidez ajustados por el tiempo y el valor del dinero).
3. NPV – Valor actual neto (Comprender: indica si el proyecto genera beneficios superiores a la inversión; comparar proyectos y elegir el que genere más valor a lo largo del tiempo).
4. TIR – Tasa interna de rendimiento (Percepción: muestra la tasa de rendimiento anual del proyecto; Selecciona proyectos que ofrezcan un rendimiento superior al mínimo esperado.)
5. ROI – Retorno de la inversión (Percepción: mide la eficiencia de la inversión, cuánto rendimiento genera en relación con el coste; compara rápidamente diferentes proyectos o alternativas).
6. Uso conjunto de los indicadores (Concepto: cada indicador muestra un aspecto diferente (tiempo de recuperación, beneficio, rentabilidad); utilícelos todos juntos para tomar decisiones de inversión más equilibradas y fundamentadas).

54.1 Introducción a los indicadores económicos

Los indicadores financieros (SPP, flujo de caja descontado, periodo de recuperación descontado, VAN, IRR, ROI, SPP) son fundamentales en el análisis de proyectos de rehabilitación o de eficiencia energética, ya que transforman el ahorro energético técnico en métricas de rentabilidad y viabilidad económica, lo que permite a los inversores justificar la inversión inicial y comparar alternativas.

Estos proyectos casi siempre implican un elevado coste de inversión inicial para generar ahorros energéticos a lo largo de varios años. Sin este análisis, sería imposible determinar si los ahorros generados justifican el coste.



Importancia de los indicadores económicos para la evaluación de la viabilidad de los proyectos

- **Garantizar la liquidez** → Cubrir a contratistas, materiales y permisos
- **Apoyar la planificación** → Prever costes, inversiones y amortización
- **Mejorar la eficiencia** → Identificar cuellos de botella y reducir el desperdicio
- **Permitir inversiones estratégicas** → Financiar mejoras sin financiación adicional
- **Generar confianza entre las partes interesadas** → Demostrar control financiero y fiabilidad
- **Justificar los costes iniciales** → Traducir el ahorro energético en una rentabilidad clara

55.1 Periodo de recuperación de la inversión

¿Qué es el periodo de recuperación simple (SPP)?

Mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

Interpretación

Cuanto más corto sea el periodo de recuperación, más atractivo es el proyecto.
Indica la liquidez y la rapidez con la que se recupera el capital invertido.

$$SPP = \frac{\text{Inicial Investment}}{\text{Annual Cash Inflow}}$$

Ventajas

Es sencillo y fácil de calcular.
Útil para proyectos a corto plazo.
No requiere estimaciones complejas (por ejemplo, tasas de descuento).

Limitaciones

No tiene en cuenta el valor temporal del dinero (VTD).
No tiene en cuenta los flujos de caja posteriores al periodo de recuperación de la inversión.
No evalúa la rentabilidad global ni el riesgo futuro.
No es adecuado para comparar proyectos con duraciones diferentes.

55.1 Periodo de amortización simple: ejemplo

Ejemplo: Si la instalación de una bomba de calor de 10 000 € permite ahorrar 2000 € al año en gastos de energía, ¿cuál es el periodo de amortización y qué ocurre con el ahorro una vez transcurrido ese periodo?

$$SPP = \frac{\text{Inicial Investement}}{\text{Annual Cash Inflow}}$$

$$SPP = \frac{10.000}{5 \times 2.000}$$

$$SPP = 5 \text{ years}$$

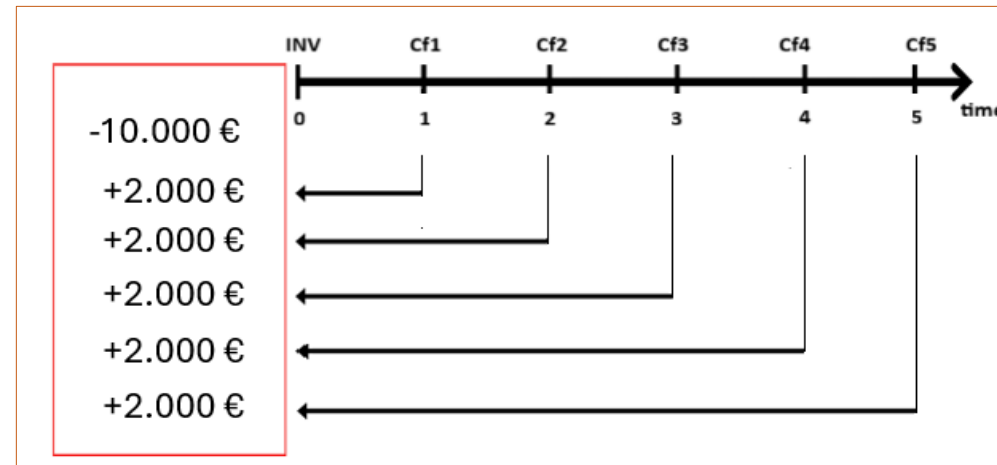


Diagrama de flujo de caja

El periodo de recuperación simple es de 5 años (o 5 periodos) y, a partir de entonces, todos los ahorros contribuyen directamente a los beneficios netos.

55.2 El valor temporal del dinero

¿Qué es el valor temporal del dinero (VTD)?

El concepto de que una determinada cantidad de dinero vale más hoy que la misma cantidad en el futuro debido a su potencial de generar ganancias mientras tanto.

¿Por qué el dinero pierde valor con el tiempo?

Inflación

Los precios aumentan con el tiempo, por lo que con la misma cantidad de dinero se pueden comprar menos bienes y servicios en el futuro.



Coste de oportunidad

El dinero disponible hoy se puede invertir para obtener intereses o rendimientos. Si lo recibes más tarde, pierdes la oportunidad de obtener esos rendimientos.

Riesgo e incertidumbre

El dinero futuro es menos seguro. Siempre existe cierto riesgo de que los pagos esperados se retrasen o no se reciban.



Co-funded by
the European Union



55.3 Tasa de descuento

¿Qué es la tasa de descuento (r)?

La tasa de descuento es el porcentaje (%) que se utiliza para convertir los flujos de caja futuros en su valor actual.



Refleja:

El valor temporal del dinero.

La inflación.

El riesgo de la inversión.

El coste de oportunidad del capital.

¿Por qué es importante?

Una tasa de descuento más alta → los flujos de caja futuros tienen un valor actual más bajo → la inversión se vuelve menos atractiva.

Una tasa de descuento más baja → los flujos de caja futuros tienen un valor actual más alto → la inversión se vuelve más atractiva.

¿Te gustaría tener una idea de cuánto deberías considerar para la tasa de descuento?

[Consulta las tasas de descuento aquí.](#)



Co-funded by
the European Union



55.4 Valor actual (VA)

¿Qué es el valor actual (VA)?

El valor actual (VA) es un concepto financiero que se utiliza para determinar el valor actual de una cantidad de dinero futura o de una serie de flujos de caja, descontados a una tasa de interés específica.

$$\text{Present value} = \frac{FV}{(1 + r)^t}$$

FV: valor futuro (euros); r: tasa de descuento por período (%)

T - número de períodos (años, meses, días, etc.)

Interpretación

Muestra cuánto vale hoy el dinero que se recibirá en el futuro.

Ayuda a comparar el dinero recibido en diferentes momentos.

Se basa en el valor temporal del dinero (VTD).

Ventajas

Tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

Útil para comparar flujos de caja futuros.

Concepto financiero sencillo.

Limitaciones

Depende de la tasa de descuento elegida.

Sensible a los errores de estimación.

No mide la rentabilidad global.

55,5 Valor actual acumulado

¿Qué es el valor actual acumulado?

El valor actual acumulado es una forma de determinar el valor total acumulado de un importe actual teniendo en cuenta los pagos regulares, sin necesidad de calcular cada cuota anual.

$$\text{Accumulated Present Value} = CF_{cte} \times \frac{1 - (1 + r)^{-t}}{r}$$

CFcte: pago periódico que se repetirá y actualizará cada período; r: tasa de descuento por período (%); t: número de períodos (años, meses, días, etc.)

¿Para qué sirve?

Ahorra tiempo.

Evita tener que calcular cada cuota por separado.

Útil para préstamos, planes de ahorro y rentas vitalicias.

¿Cómo funciona?

Repite el mismo pago (CFcte).

Lo actualiza utilizando la tasa de descuento.

Calcula directamente el valor acumulado total.



Co-funded by
the European Union



55.6 Valor actual – ejemplo

Ejemplo: Una persona recibirá 2.000 € al año durante 5 años (un total de 10.000 €).

El tipo de interés anual es del 8 %. A) Calcula el valor actual (VA) del último pago de 2.000 € (recibido al final del año 5), descontado a la fecha de hoy (año 0). B) Calcula el valor actual total (acumulado) de los cinco pagos en el año 0.

A)

$$PV = \frac{FV}{(1 + r)^t}$$

$$PV = \frac{2,000}{(1 + 0.08)^5}$$

$$PV = €1,361$$

B)

$$\text{Accumulated Present Value} = CF_{cte} \times \frac{1 - (1 + r)^{-t}}{r}$$

$$\text{Accumulated Present Value} = 2,000 \times \frac{1 - (1 + 0.08)^{-5}}{0.08}$$

$$\text{Accumulated Present Value} = €7,985,4$$

El valor actual del último pago de 2.000 € al final del año 5 es de 1.361 €, y el valor actual total de los cinco pagos a día de hoy es de 7.985,40 €.

55.7 Flujo de caja descontado (DCF)

¿Qué es el flujo de caja descontado (DCF)?

El flujo de caja descontado (DCF) es un modelo financiero que se utiliza para estimar el valor actual de una inversión mediante la proyección de sus flujos de caja futuros y su descuento al valor actual utilizando una tasa de descuento.

Interpretación

El DCF indica el valor actual de los flujos de caja futuros de un proyecto o inversión.

DCF > Inversión → rentable.

DCF < Inversión → no rentable.

$$DCF = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

Valor actual (PV) para el año 1 Valor actual (PV) para el año 2 Valor actual (PV) para el año n

CF1 representa el flujo de caja del primer año, CF2 representa el flujo de caja del segundo año, y CF3 representa el flujo de caja de los años siguientes, r – tasa de descuento

Ventajas

Utiliza proyecciones de flujos de caja específicas.

Se puede aplicar a inversiones de diferentes tamaños y períodos.

Útil para evaluar proyectos con periodos de flujo de caja prolongados.

Limitaciones

La precisión depende de que se estimen correctamente los flujos de caja futuros.

No tiene en cuenta las condiciones del mercado, el valor estratégico ni los beneficios cualitativos.

Requiere datos financieros detallados y supuestos.

Pequeños cambios en r pueden alterar significativamente los resultados.

55.8 Periodo de recuperación descontado (DPP)

¿Qué es el periodo de recuperación descontado (DPP)?

El periodo de recuperación descontado mide el tiempo que tarda una inversión en recuperar su coste inicial, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero. A diferencia del periodo de recuperación simple, descuenta los flujos de caja futuros antes de calcular el punto de equilibrio.

$$DPP = t + \frac{I_0 - \text{Cumulative PV at } t}{PV_{t+1}}$$

I_0 - the initial investment; t represents the last year in which the cumulative PV is still less than the initial investment; $PV_{(t+1)}$ is the present value of the cash flow in the following year.

Interpretación

Un DPP más corto = recuperación más rápida → menor riesgo.

Muestra cuándo un proyecto alcanza el umbral de rentabilidad en términos de valor actual.

Ventajas

Tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

Permite realizar pruebas de escenarios y análisis de sensibilidad.

Ayuda a comparar proyectos por riesgo y liquidez

Limitaciones

Se basa en flujos de caja estimados → incertidumbre.

Ignora los flujos de caja posteriores a la recuperación de la inversión.

Sensible a la tasa de descuento y a las hipótesis.



Co-funded by
the European Union



55.9 DPP y DCF: ejemplo

Ejemplo: Una inversión en una bomba de calor cuesta 10 000 € y se espera que genere un ahorro energético de 2000 € al año durante 7 años. Utilizando una tasa de descuento del 5 %, calcule cada flujo de caja descontado, el valor actual acumulado y el periodo de recuperación descontado.

$$\text{Accumulated Present Value} = CF_{cte} \times \frac{1 - (1 + r)^{-t}}{r}$$

$$\text{Accumulated Present Value} = 2.000 \times \frac{1 - (1 + 0.05)^{-7}}{0.05}$$

$$\text{Accumulated Present Value} \approx \text{€}11,573$$

$$DPP = t + \frac{I_0 - \text{Cumulative PV at } t}{PV_{t+1}}$$

$$DPP = 5 + \frac{10,000 - 8,659}{10,151} \approx 5.9 \text{ years}$$

$$DPP \approx 5.9 \text{ years}$$

DCF

$$INV = -10.000 \text{ €}$$

PVacc

$$PV1 = 2,000 \div (1 + 0.05)^1 = 1,905 \text{ €} \quad | \quad 1,905 \text{ €}$$

$$PV2 = 2,000 \div (1 + 0.05)^2 = 1,814 \text{ €} \quad | \quad 3,719 \text{ €}$$

$$PV3 = 2,000 \div (1 + 0.05)^3 = 1,728 \text{ €} \quad | \quad 5,443 \text{ €}$$

$$PV4 = 2,000 \div (1 + 0.05)^4 = 1,645 \text{ €} \quad | \quad 7,092 \text{ €}$$

$$PV5 = 2,000 \div (1 + 0.05)^5 = 1,567 \text{ €} \quad | \quad 8,659 \text{ €}$$

$$PV6 = 2,000 \div (1 + 0.05)^6 = 1,492 \text{ €} \quad | \quad 10,151 \text{ €}$$

$$PV7 = 2,000 \div (1 + 0.05)^7 = 1,421 \text{ €} \quad | \quad 11,573 \text{ €}$$

DPP=5.9 Years

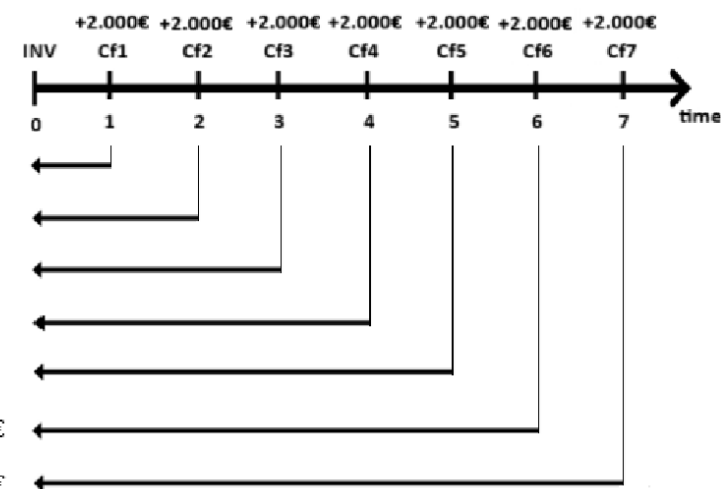


Diagrama de flujos de caja



Co-funded by
the European Union



55.10 Valor actual neto (VAN)

¿Qué es el valor actual neto (VAN)?

El valor actual neto es la diferencia entre el valor actual de todos los flujos de caja futuros y la inversión inicial. Mide el valor total que genera un proyecto a lo largo de su vida útil, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero.

$$NPV = \left(\frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} \right) - I_0$$

I_0 - the initial investment; CF – represent the cash flow; r - discount rate, n - represents the life time of the project.

Interpretación

$VAN > 0$ → El proyecto es financieramente viable (genera valor)

$VAN = 0$ → El proyecto alcanza el umbral de rentabilidad

$VAN < 0$ → El proyecto destruye valor (no recomendado)

Un VAN más alto indica una mayor rentabilidad

Ventajas

Tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

Incluye todos los flujos de caja del proyecto.

Mide la rentabilidad global.

Útil para comparar diferentes opciones de inversión.

Ayuda a tomar decisiones de inversión a largo plazo.

Limitaciones

Requiere proyecciones precisas de los flujos de caja.

No incluye factores no financieros (por ejemplo, impactos ambientales o sociales).

Es sensible a la tasa de descuento elegida.

Su cálculo puede resultar complejo.



Co-funded by
the European Union



55.9 Valor actual neto: ejemplo

Ejemplo: Suponiendo una inversión en una bomba de calor de 10 000 € que genera un ahorro energético anual de 2000 € durante siete años, con una tasa de descuento del 5,0 %, el valor actual de todos los ahorros descontados asciende a aproximadamente 11 572 €. Restando la inversión inicial, el valor actual neto (VAN) es de 1.573 €. Este VAN positivo indica que la inversión no solo recupera su coste, sino que también proporciona un rendimiento financiero adicional equivalente a 1.573 € en dinero actual. Por lo tanto, al tener en cuenta el valor temporal del dinero, el proyecto de la bomba de calor puede considerarse financieramente viable y generador de valor.

$$NPV = \left(\frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} \right) - I_0$$

$$NPV = \left(\frac{2,000}{(1+0.05)^1} + \frac{2,000}{(1+0.05)^2} + \frac{2,000}{(1+0.05)^3} + \frac{2,000}{(1+0.05)^4} + \frac{2,000}{(1+0.05)^5} + \frac{2,000}{(1+0.05)^6} + \frac{2,000}{(1+0.05)^7} \right) - 10,000$$

PV para el año 1 PV para el año 2 PV para el año 3 PV para el año 4 PV para el año 5 PV para el año 6 PV para el año 7 Valor actual neto para el año 7

$$NPV = €1,572$$

DPP=5.9 Years

DCF

$$INV = -10,000 \text{ €}$$

PVacc

$$PV1 = 2,000 \div (1 + 0.05)^1 = 1,905 \text{ €} \quad | \quad 1,905 \text{ €}$$

$$PV2 = 2,000 \div (1 + 0.05)^2 = 1,814 \text{ €} \quad | \quad 3,719 \text{ €}$$

$$PV3 = 2,000 \div (1 + 0.05)^3 = 1,728 \text{ €} \quad | \quad 5,443 \text{ €}$$

$$PV4 = 2,000 \div (1 + 0.05)^4 = 1,645 \text{ €} \quad | \quad 7,092 \text{ €}$$

$$PV5 = 2,000 \div (1 + 0.05)^5 = 1,567 \text{ €} \quad | \quad 8,659 \text{ €}$$

$$PV6 = 2,000 \div (1 + 0.05)^6 = 1,492 \text{ €} \quad | \quad 10,151 \text{ €}$$

$$PV7 = 2,000 \div (1 + 0.05)^7 = 1,421 \text{ €} \quad | \quad 11,573 \text{ €}$$

$$NPV \text{ at year } 7 = 11,573 - 10,000 = 1,572 \text{ €}$$

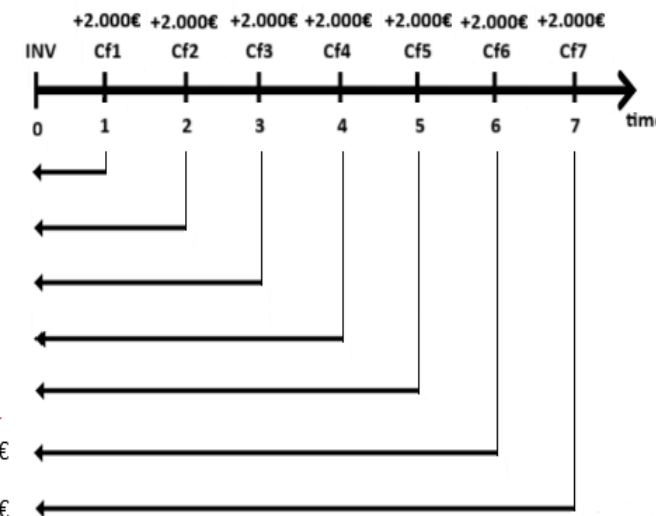


Diagrama de flujo de caja



Co-funded by the European Union



55.10 Tasa interna de rendimiento (TIR)

¿Qué es la tasa interna de rendimiento (TIR)?

La tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de una inversión sea igual a cero. En términos sencillos, es la tasa de rendimiento anualizada que se espera que genere un proyecto a lo largo de su vida útil, basándose en sus entradas y salidas de efectivo previstas.

Interpretación

La TIR puede compararse con la tasa de rendimiento requerida o el coste del capital:

Si la TIR > tasa de rendimiento requerida → El proyecto es aceptable.

Si la TIR < tasa de rendimiento requerida → El proyecto debe rechazarse.

Una TIR más alta suele indicar una inversión más rentable (suponiendo niveles de riesgo similares).

$$NPV = 0 = \left(\frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n} \right) - I_0$$

I_0 - the initial investment; CF - represent the cash flow; r - discount rate, n - represents the life time of the project.

Ventajas

Fácil de interpretar: se expresa en forma de porcentaje, lo que lo hace intuitivo.

Se tiene en cuenta el valor temporal del dinero: descuenta los flujos de caja futuros.

Útil para la comparación: permite comparar proyectos con duraciones diferentes.

Ampliamente utilizado: es habitual en la toma de decisiones empresariales y financieras.

Limitaciones

Múltiples TIR: los flujos de caja no convencionales pueden dar lugar a más de una TIR o a ninguna solución real.

Proyectos mutuamente excluyentes: puede entrar en conflicto con el VAN al comparar proyectos de diferente escala.

Ignora el tamaño: un proyecto más pequeño puede tener una TIR más alta, pero generar menos beneficio total.

Supuesto de reinversión: Supone que los flujos de caja se reinvierten a la TIR, lo que puede ser poco realista.



Co-funded by
the European Union



55.10 Tasa interna de rendimiento (TIR) – Ejemplo

Ejemplo: Una empresa está considerando invertir 10 000 € en una bomba de calor que genera un ahorro energético anual de 2000 € durante 7 años. Si la tasa de descuento es del 5 %, calcule la TIR y determine si el proyecto debe aceptarse.

Period(Years)	Cf	PV	PVacc.
0	-10,000 €		
1	2,000 €	1,905 €	1,905 €
2	2,000 €	1,814 €	3,719 €
3	2,000 €	1,728 €	3,542 €
4	2,000 €	1,645 €	3,373 €
5	2,000 €	1,567 €	3,212 €
6	2,000 €	1,492 €	3,059 €
7	2,000 €	1,421 €	2,914 €

Discount rate	5.00%
NPV	1,573 €
IRR	9.20%

Rate	0%	2%	4%	6%	8%	10%	12%
NPV	4,000 €	2,944 €	2,004 €	1,165 €	413 €	-263 €	-872 €
Rate	14%	16%	18%	20%	22%	24%	26%
NPV	-1,423 €	-1,923 €	-2,377 €	-2,791 €	-3,169 €	-3,515 €	-3,833 €
Rate	28%	30%	32%	34%	36%	38%	40%
NPV	-4,126 €	-4,396 €	-4,645 €	-4,876 €	-5,090 €	-5,289 €	-5,474 €

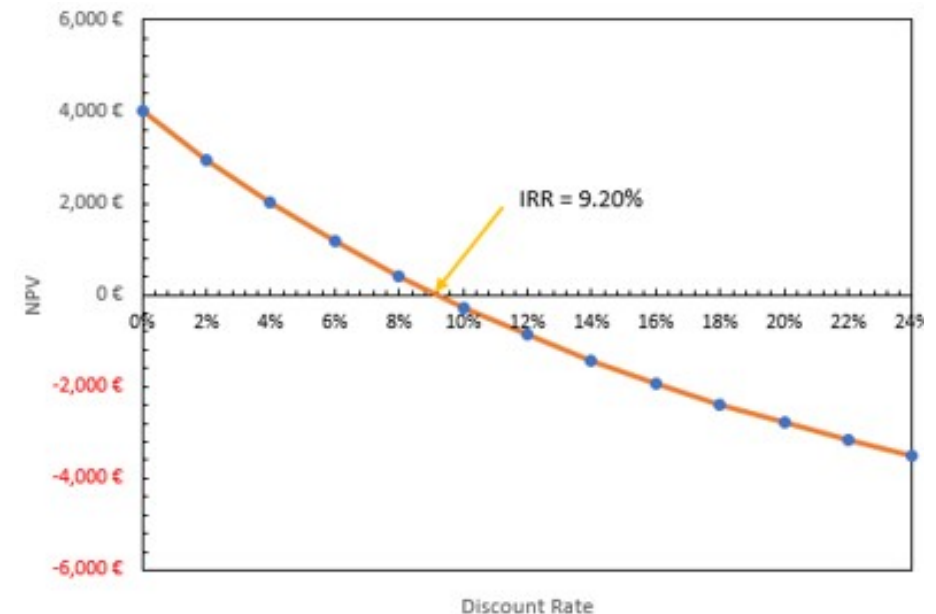


Gráfico de la TIR

Una TIR del 9,20 % representa la tasa de rendimiento anual efectiva del proyecto a lo largo de su vida útil. Dado que el 9,20 % es superior a la tasa de descuento del 5 %, la inversión genera un rendimiento superior a la tasa requerida y, por lo tanto,



55.10 Rentabilidad de la inversión (ROI)

¿Qué es el retorno de la inversión (ROI)?

El retorno de la inversión es un indicador financiero que se utiliza para medir la rentabilidad y la eficiencia de una inversión. Compara la ganancia neta de una inversión con su coste inicial, y suele expresarse en forma de porcentaje. Un ROI más alto indica una mayor rentabilidad.

Interpretación

Muestra cuántos beneficios se obtienen en relación con la inversión.

Un ROI más alto indica una mayor rentabilidad.

$$ROI = \frac{\text{Net return on Investement}}{\text{Cost of Investment}} \times 100 \%$$

Or

$$ROI = \frac{FVI - IVI}{\text{Cost of Investment}} \times 100 \%$$

FVI – Final Value of the Investment; IVI - Initial Value of the

Ventajas

Es sencillo de calcular y fácil de entender.

Permite comparar rápidamente proyectos de diferentes tamaños.

Facilita la toma rápida de decisiones para la asignación de recursos.

Proporciona una medida clara de los beneficios en relación con la inversión.

Limitaciones

No tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

No tiene en cuenta el momento en que se producen los flujos de caja.

Supone ganancias uniformes, lo que puede ser poco realista.

Puede verse influido por la forma en que se miden los costes y los rendimientos, lo que puede dar lugar a

55.10 Retorno de la inversión (ROI)

Ejemplo: Una inversión en una bomba de calor cuesta 10 000 € y genera un ahorro descontado de 11 572 € a lo largo de 7 años, con una tasa de descuento del 5 %. Calcula el ROI de esta inversión.

$$ROI = \frac{\text{Net return on Investement}}{\text{Cost of Investment}} \times 100 \%$$

$$ROI = \frac{(11,572 - 10,000)}{10,000} \times 100 \%$$

$$ROI = 15.7\%$$

En este caso, el ROI de esta inversión será del 15,7 %. Esto significa que, al tener en cuenta el valor temporal del dinero, la inversión en la bomba de calor genera un rendimiento total del 15,7 % a lo largo de su vida útil en relación con su coste.

LECCIÓN 56

Análisis del coste del ciclo de vida

Objetivos de la lección 56

1. Qué es el LCCA y cuáles son sus principales características
2. Cómo calcular los costes del ciclo de vida paso a paso
3. Ejemplos prácticos y casos de estudio
4. Cómo evitar errores comunes

56.1 Introducción al análisis del coste del ciclo de vida

El análisis de costes del ciclo de vida (LCCA) evalúa el **coste total** de un activo a lo largo de **toda su vida útil**, incluyendo la inversión inicial, el funcionamiento, el consumo energético, el mantenimiento, la sustitución y la eliminación. Ayuda a **comparar alternativas** e identificar la **opción con el menor coste a largo plazo**, lo que permite tomar decisiones más fundamentadas y sostenibles en edificios, sistemas energéticos y proyectos industriales.



Importancia del uso del análisis de costes del ciclo de vida en proyectos de rehabilitación:

- Evalúa los costes totales a largo plazo de las opciones de rehabilitación, no solo la inversión inicial
- Ayuda a seleccionar la mejora más rentable a lo largo de la vida útil restante del edificio
- Identifica el ahorro energético y la reducción de los costes operativos
- Facilita una mejor comparación entre las alternativas de rehabilitación
- Mejora la planificación de la inversión y la elaboración de presupuestos para las mejoras del edificio
- Reduce el riesgo de costes inesperados de mantenimiento o sustitución
- Fomenta la eficiencia energética y las mejoras en materia de sostenibilidad
- Aumenta el rendimiento, la fiabilidad y el valor de los activos del

56.2 ¿Qué es el análisis del coste del ciclo de vida?

Evalúa el coste total de la mejora o renovación de un edificio o sistema a lo largo de su vida útil restante, desde la inversión en la rehabilitación hasta su eliminación o sustitución.

Consideraciones clave para la rehabilitación

- **Evaluación del ciclo de vida completo:** incluye el ahorro energético, la reducción del mantenimiento y los costes operativos a largo plazo
- **Comparación de alternativas:** por ejemplo, sustitución del sistema tradicional de climatización frente a una mejora energéticamente eficiente
- **Beneficios intangibles:** confort de los ocupantes, productividad, impacto medioambiental, mejora de la reputación del edificio
- **Anualización de costes:** métodos como **el valor actual neto (VAN)** garantizan una comparación justa entre opciones con diferentes duraciones de vida útil

Aplicaciones en la rehabilitación:

Envolvente del edificio: aislamiento, ventanas, cubiertas

Sistemas energéticos: sistemas de climatización eficientes, paneles solares, almacenamiento en baterías

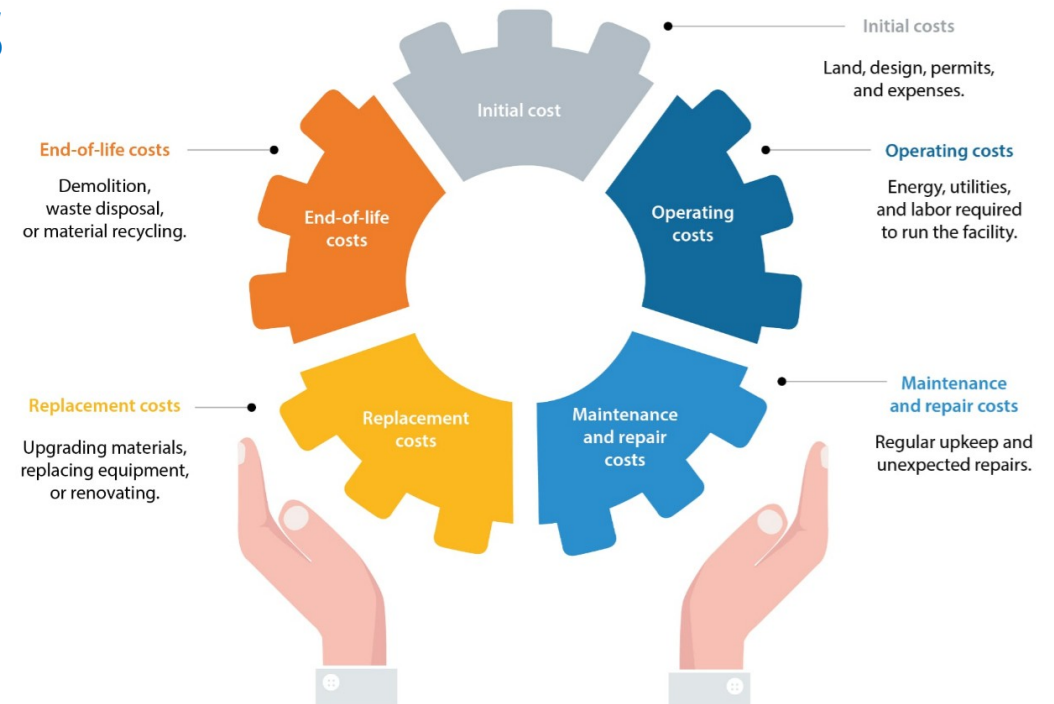
Sistemas industriales: actualizaciones de equipos, sustitución de materiales, tecnologías inteligentes

Ventajas

Costes optimizados a largo plazo

Mayor eficiencia energética y sostenibilidad

Toma de decisiones informadas para inversiones en remodelación



56.3 Importancia y ventajas del análisis de costes del ciclo de vida

¿Por qué es importante el LCCA?

El análisis de costes tradicional se centra en la inversión inicial, ignorando a menudo los costes a largo plazo. El LCCA evalúa todos los costes a lo largo de la vida útil del activo, lo que permite tomar decisiones informadas que equilibran los impactos a corto y largo plazo.

Beneficios económicos	Beneficios medioambientales	Valor estratégico
Reduce los costes operativos y de mantenimiento Evita sustituciones innecesarias Ejemplo: Sistemas de climatización de alta eficiencia → mayor coste inicial, pero menores costes de energía y mantenimiento a lo largo de 20 años	Fomenta la eficiencia energética y la sostenibilidad Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de recursos Respalda los objetivos de sostenibilidad corporativa y el valor estratégico	Mejora el confort y la productividad de los ocupantes Aumenta la vida útil y la fiabilidad de los activos Mejora la planificación a largo plazo, la elaboración de presupuestos y la gestión de riesgos Ejemplo: la rehabilitación con LCCA → evita sustituciones a mitad de vida útil, optimiza las mejoras y aumenta el valor global de las instalaciones

56.4 Componentes de coste en el análisis del coste del ciclo de vida

$$LCC = C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_r + C_{env} + C_d + C_s$$

Componentes clave de los costes

1. Costes iniciales (C_{in}) – Compra, diseño, instalación y

puesta en marcha

Ejemplo: Instalación de un nuevo sistema de climatización

2. Costes energéticos (C_e): electricidad, combustible o energía utilizada durante el funcionamiento

Los sistemas de alta eficiencia pueden suponer un mayor coste inicial, pero reducen las facturas a largo plazo

3. Costes de funcionamiento (C_o): mano de obra, consumibles y operaciones diarias

Incluye supervisión, limpieza y consumibles menores

4. Costes de mantenimiento y reparación (C_m):

Mantenimiento preventivo y correctivo

Mantenimiento programado y sustitución de piezas

5. Costes de sustitución/rehabilitación (C_r): actualizaciones importantes o sustitución de componentes

Ejemplo: sustitución del compresor a mitad de su vida útil o modernización del sistema de control

6. Costes medioambientales (C_{env}): emisiones, huella de carbono, gestión de residuos, cumplimiento normativo

Fomenta la toma de decisiones sostenibles

7. Costes de eliminación/fin de vida útil (C_d): desmantelamiento, reciclaje o remediación

Eliminación segura de refrigerantes de sistemas de climatización o componentes electrónicos

8. Costes por tiempo de inactividad o pérdida de producción (C_s): impacto financiero de la inactividad de los equipos

Fundamental para los sistemas industriales



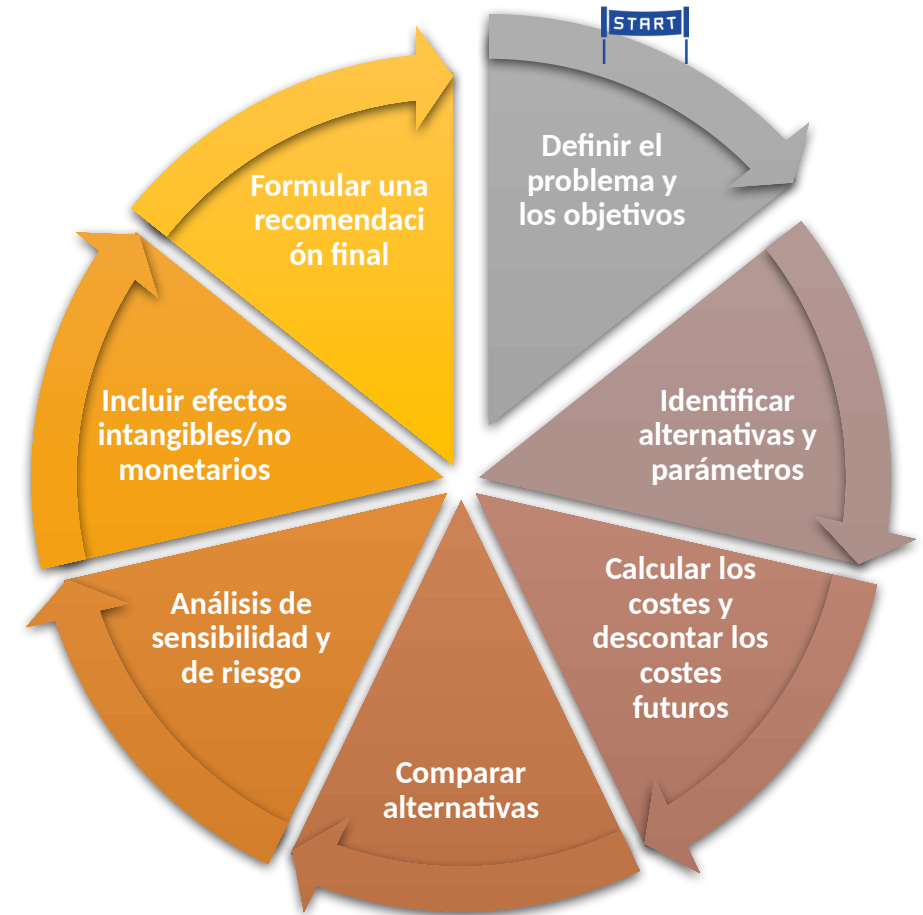
Co-funded by
the European Union



56.5 Pasos y aplicación práctica del método de análisis del coste del ciclo de vida

Enfoque paso a paso:

1. **Identificar todos los costes** de cada alternativa: inversión inicial, funcionamiento y mantenimiento, sustitución, fin de vida útil.
2. **Actualice los costes futuros** a su valor actual (VAN).
3. **Sume los costes** para determinar el coste total del ciclo de vida.
4. **Visualice las comparaciones** mediante tablas o gráficos: muestre los costes, las emisiones de carbono y los beneficios intangibles en paralelo.
5. **Interprete los resultados con cuidado:** el menor coste inicial ≠ el menor coste total; tenga en cuenta los factores medioambientales e intangibles.



Garantiza la selección de la alternativa con la **mejor combinación de eficiencia económica, sostenibilidad y valor estratégico.**



Co-funded by
the European Union



56.6 Parámetros y supuestos importantes en el análisis del ciclo de vida (LCCA)

Parámetros clave

a. Duración del activo y del estudio

Vida útil prevista del activo

Periodo de estudio durante el cual se proyectan y comparan los costes

b. Definiciones de la línea temporal

Fecha de referencia: punto de referencia para convertir todos los costes a su valor actual

Fecha de puesta en servicio: momento en que el activo comienza a funcionar

c. Factores financieros

Tasa de descuento: convierte los costes futuros a valor actual

Tasa de inflación: tiene en cuenta el aumento de los costes a lo largo del tiempo

Definir claramente los parámetros garantiza **comparaciones transparentes, coherentes y fiables** entre las distintas alternativas de rehabilitación.



Co-funded by
the European Union



56.7 Integración con el análisis del ciclo de vida para la sostenibilidad

1 Definición de objetivos y alcance

Definir el objetivo del estudio, la función, la **unidad funcional** y los límites del sistema

Ejemplos de límites:

De puerta a puerta: p. ej., solo la producción del producto; **De la cuna a la tumba:** desde la extracción de la materia prima hasta el final de la vida útil.

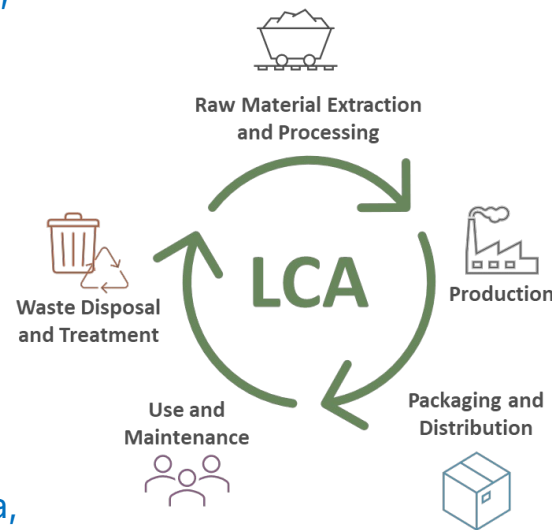
2 Inventario del ciclo de vida (ICV)

Recopilar datos cuantitativos sobre:

Insumos: materias primas, energía, consumibles.

Salidas: emisiones, residuos al aire, al agua y al suelo.

Normalizar los datos según la unidad funcional.



3 Evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA)

Cuantificar los impactos ambientales utilizando bases de datos (p. ej., Ecoinvent, Agribalyse) y software (OpenLCA, SimaPro, One Click LCA). Evaluar múltiples categorías de impacto: Huella de carbono / Emisiones de GEI; Uso de recursos: combustibles fósiles, agua, minerales; Emisiones al aire, al agua y al suelo.

4 Interpretación de los resultados

Identificar **puntos críticos medioambientales**; sugerir medidas de mejora; respaldar decisiones a favor de **alternativas de rehabilitación más sostenibles**.

56.8 Buenas prácticas y errores habituales en el análisis del ciclo de vida (ACV)

Errores habituales

- Centrarse únicamente en **los costes iniciales**, ignorando los gastos a largo plazo
- **Alcance mal definido** o metodología inconsistente
- Utilización de **datos no verificados o poco realistas**
- Errores en **las unidades, las conversiones o los conjuntos de datos**
- Falta de **revisión y documentación**

Buenas prácticas en el inventario del ciclo de vida (LCI)

- **Definir las normas y la metodología** al inicio del estudio
- Establecer claramente **los límites y el alcance del sistema**
- Tener en cuenta el **ciclo de vida completo del activo** (inversión, operación, mantenimiento, sustitución y eliminación)
- Aplicar una **tasa de descuento** adecuada para tener en cuenta el valor temporal del dinero
- Utilizar **datos fiables y validados** sobre costes, consumo energético y mantenimiento

Garantía de calidad

- Realizar **análisis de sensibilidad y de riesgo** para comprobar las hipótesis clave (por ejemplo, precios de la energía, vida útil)
- **Documentar todas las hipótesis, datos y cálculos** para garantizar la transparencia
- Llevar a cabo **una revisión por pares o una consulta a expertos**
- Comunicar los resultados con claridad, incluyendo **las limitaciones y las incertidumbres**

56.8 Conclusiones

- El análisis del coste del ciclo de vida (LCCA) es una **herramienta clave** para la **toma de decisiones** a la hora de **evaluar inversiones en rehabilitación**, ya que tiene en cuenta **todos los costes a lo largo del ciclo de vida del activo**, y no solo la inversión inicial.
- Al incluir los costes de instalación, funcionamiento, mantenimiento, sustitución y fin de vida útil, el LCCA ofrece una **comparación** más **precisa de las alternativas**.
- El uso de herramientas financieras como **el valor actual neto (VAN)** y **el coste anualizado** permite convertir los costes futuros en valor actual, lo que garantiza **una evaluación justa**.
- Cuando se combina con la evaluación del ciclo de vida (LCA), el LCCA respalda la toma de decisiones en la gestión sostenible de los edificios.

En general, la aplicación del LCCA en proyectos de rehabilitación ayuda a las organizaciones a optimizar las inversiones, reducir los costes a largo plazo, mejorar la eficiencia energética y apoyar la gestión sostenible de los edificios.

LECCIÓN 57

Ejercicio sobre el análisis del coste del ciclo de vida

Objetivos de la lección 57

1. Localizar y resumir información: Identificar los datos relevantes y organizar los puntos clave de forma clara.
2. Recopilar datos: Recopilar datos financieros, energéticos y medioambientales para el LCCA.
3. Analizar los resultados: Interpretar los resultados financieros (coste del ciclo de vida, valor actual neto, periodo de recuperación, retorno de la inversión, tasa interna de rendimiento) y medioambientales (CO₂).
4. Utilizar elementos visuales: Presentar tendencias y costes mediante gráficos, tablas y diagramas.
5. Extraer conclusiones: Evaluar la viabilidad y ofrecer recomendaciones basadas en la rentabilidad y la sostenibilidad.

57.1 Introducción a la resolución de problemas mediante el análisis de costes del ciclo de vida

En esta lección se analizan los sistemas de calefacción y refrigeración en edificios residenciales mediante el análisis de costes del ciclo de vida (LCCA). El proceso consiste en identificar los problemas del sistema, recopilar datos financieros, energéticos y medioambientales, e introducirlos en una calculadora de LCCA. Los resultados se evalúan en función de los costes, el rendimiento y las emisiones, lo que permite comparar alternativas para identificar la solución más rentable y sostenible.



Ventajas de saber cómo realizar e interpretar el LCCA en proyectos de rehabilitación

- Mejora la toma de decisiones, permitiendo seleccionar la solución de rehabilitación más rentable.
- Identifica el ahorro a largo plazo, teniendo en cuenta los costes de energía, funcionamiento y mantenimiento.
- Facilita una mejor planificación del proyecto, ayudando a adaptar los diseños de rehabilitación en función del rendimiento del ciclo de vida.
- Reduce los riesgos financieros, al anticipar costes futuros como sustituciones o reparaciones.
- Fomenta las rehabilitaciones sostenibles, equilibrando la eficiencia económica con los beneficios medioambientales.



Co-funded by
the European Union



57.2 Ejemplo de problema – opción 1

Un contratista encargado de construir una vivienda unifamiliar ofrece dos sistemas alternativos de calefacción y refrigeración para el interior de la vivienda. Ambas opciones utilizan un acumulador de agua caliente sanitaria de 200 litros con un sistema eléctrico de circulación y control de 0,5 kW, que funcionará en paralelo con el sistema de calefacción principal. Se estima que la vivienda necesitará aproximadamente 3.000 horas de calefacción y unas 1.500 horas de refrigeración. La vivienda tiene una demanda de calefacción de 36 kW y una demanda de refrigeración de 24 kW.

Opción 1 – Calefacción de gas natural con refrigeración por aire acondicionado split:

Esta opción incluye una caldera de gas natural de 36 kW con una eficiencia de combustión del 95 %, con un coste de 2.500 €. La refrigeración se proporcionará mediante unidades de aire acondicionado split montadas en la pared en tres habitaciones, cada una con un COP de 2,0, con un coste total de 2.000 €. El coste de instalación de estos dos sistemas se estima en 1.200 €. El mantenimiento preventivo anual se estima en 50 € para la limpieza de la caldera y 100 € para la recarga de refrigerante. A lo largo de 15 años, se prevé que el sistema requiera la sustitución a medio plazo de los quemadores, con un coste actual de 300 €, y la sustitución de una de las unidades de aire acondicionado de las habitaciones, con un coste de 650 €. El coste total de desmantelamiento del sistema será de 150 € al cabo de 15 años. La huella de carbono total estimada para esta solución es de 0,9 tCO₂eq.

58.3 Ejemplo de problema – opción 2

Opción 2 – Bomba de calor reversible (más cara, pero más respetuosa con el medio ambiente):

Esta alternativa consiste en instalar una bomba de calor reversible con un coste de 9.000 €, que proporcionará calefacción con un COP de 3,0. La refrigeración correrá a cargo de tres fan coils montados en el techo en las tres habitaciones, con un coste de 250 € cada uno, y la bomba de calor alcanzará un COP de 2,5 en modo refrigeración.

La bomba de calor garantiza las potencias de calefacción y refrigeración de 36 y 24 kW, respectivamente. El mantenimiento preventivo anual se estima en 75 € para la limpieza de la caldera y 100 € para la recarga de refrigerante. A lo largo de 15 años, se prevé que el sistema requiera una sustitución a medio plazo del compresor de la bomba de calor por 500 €, así como la sustitución de un fancoil. El coste total de desmantelamiento del sistema será de 150 € tras 15 años.

La huella de carbono total estimada para esta solución es de 1,5 tCO₂eq. Se prevé que los precios de la energía crezcan a un ritmo del 3 % anual para el gas natural y del 2 % anual para la electricidad. El contratista garantiza el mantenimiento preventivo a los costes especificados, con una actualización anual del 2,5 %. Se debe aplicar una tasa de descuento del 6 % anual. Los precios actuales son de aproximadamente 0,175 €/kWh para la electricidad y 0,080 €/kWh para el gas natural. Las emisiones asociadas se estiman en 0,204 kg CO₂eq./kWh para el gas natural y 0,208 kg CO₂eq./kWh para la electricidad.



57.4 Esquema de las opciones de calefacción y refrigeración



Operational Assumptions

Heating demand: 3,000 hours and 36 kW

Cooling demand: 1,500 hours and 24 kW

Peripheral system (pumping controlling) 0,5 kw – 3,000 hours

Energy costs: electricity €0.175/kWh, natural gas €0.080/kWh

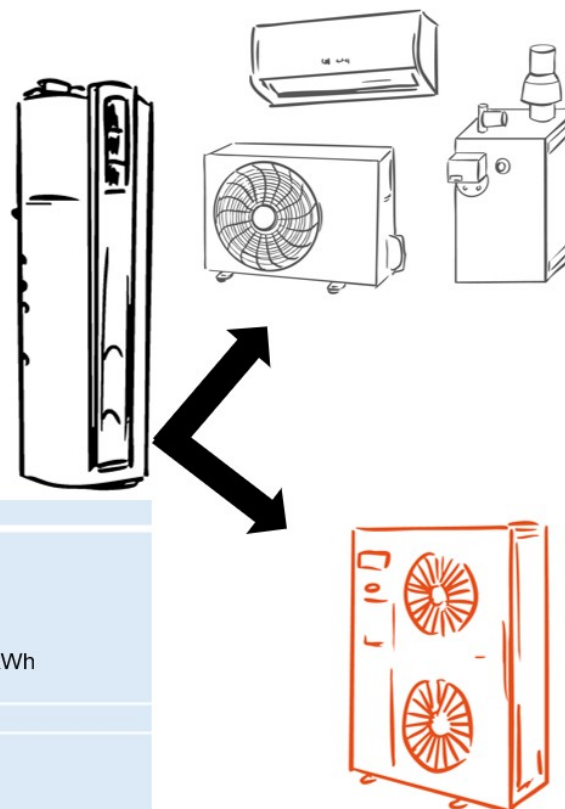
Emission factors: electricity 0.208 kg CO₂eq/kWh, natural gas 0.204 kg CO₂eq/kWh

Financial Assumptions

Discount rate: 6% per year

Energy price escalation: gas 3% per year, electricity 2% per year

Labour for maintenance 2.5% per year



System A – Natural Gas Heating + Split AC Cooling

System Components and Costs:

- 36 kW natural gas boiler, 95% efficiency: €2,500
- 24 kW - 3 wall-mounted split AC units (COP 2.0): €2,000
- Installation cost: €1,200

Annual preventive maintenance:

- Boiler cleaning: €50
- AC refrigerant recharge: €100

Mid-Term Replacements (7 years):

- Burner replacement: €300
- Replacement of one AC unit: €650

End-of-Life Cost:

- System decommissioning after 15 years: €150

Environmental Impact:

- Total estimated carbon footprint: 0.9 tCO₂eq

System B – Reversible Heat Pump (More Expensive but More Eco-Friendly)

System Components and Costs:

- Reversible heat pump: €9,000 (heating COP 3.0, cooling COP 2.5)
- 3 ceiling-mounted fan coils (one per room): €250 each
- Heating power: 36 kW, Cooling power: 24 kW

Annual preventive maintenance:

- Boiler cleaning: €75
- Refrigerant recharge: €100

Mid-Term Replacements (15 years):

- Heat pump compressor replacement: €500
- Replacement of one fan coil

End-of-Life Cost:

- System decommissioning after 15 years: €150

Environmental Impact:

- Total estimated carbon footprint: 1.5 tCO₂eq



Co-funded by
the European Union



57.5 Introducción inicial de la hoja de cálculo del LCCA

Abra el archivo proporcionado y:

- Introduzca la ubicación del proyecto (provincia y ciudad) en el archivo de Excel.
- Defina la duración del estudio (máximo 40 años); en este caso se han utilizado 15 años.
- Vida útil típica del equipo: 15-20 años con un mantenimiento normal.
- Seleccione el sistema de referencia (A) y el sistema alternativo (B) para la comparación.

Sistemas analizados:

Sistema A: Caldera de gas + aire acondicionado split

Sistema B: Bomba de calor reversible

CAPEX and OPEX					
In this section, the simulation period for the financial feasibility study should be specified. The user should also provide the initial investment costs, preventive and corrective maintenance costs, and decommissioning or end-of-life costs for the solutions under study.					
Province	Porto	City	Trindade	Study Period [YEARS]	15
System A	Gas boiler (natural gas)	Split AC Wall-mounted	System B	Reversible heat pump	None
System A will serve as the reference system, or the system already installed at the site, to ensure proper comparison.			System B will be compared with System A to assess whether it represents a more advantageous alternative.		

57,6 Costes iniciales

Inversión inicial

Sistema A: 2.500 € (caldera de gas) + 2.000 € (unidades split de aire acondicionado) + 1.200 € de instalación.

Sistema B: 9.000 € (bomba de calor) + 750 € (unidades split de aire acondicionado) + 1.500 € de instalación.

Initial Investment of System A [Year 0]				
	Model/Intervention	pcs	unit price	TOTAL
1	Gas Boiler	1	€ 2,500.00	- 2,500.0 €
2	Split AC Wall-Mounted 3 rooms	1	€ 2,000.00	- 2,000.0 €
3	Intalation	1	€ 1,200.00	- 1,200.0 €
4	None		€ -	- €
5	None		€ -	- €
6	None		€ -	- €
7	None		€ -	- €
				- 5,700.00 €

Initial Investment of the System B [Year 0]				
	Model/Intervention	pcs	unit price	TOTAL
1	Reversible HP	1	€ 9,000.00	- 9,000.0 €
2	3 fan-coils	3	€ 250.00	- 750.0 €
3	Instalation	1	€ 1,500.00	- 1,500.0 €
4	None		€ -	- €
5	None		€ -	- €
6	None		€ -	- €
7	None		€ -	- €
				- 11,250.00 €



Co-funded by
the European Union



57.7 Mantenimiento preventivo

Mantenimiento preventivo (anual)

Sistema A: 50 € de limpieza de la caldera + 100 € de recarga de gas refrigerante

Sistema B: 75 € por limpieza del filtro de la bomba de calor + 100 € por recarga de gas refrigerante

Preventive maintenance of the System A [Annual Average]				
	Model/Intervention	pcs	unit price	TOTAL
1	Gas boiler Cleaning	1	€ 50.00	- 50.0 €
2	R-Gas	1	€ 100.00	- 100.0 €
3	None		€ -	- €
4	None		€ -	- €
5	None		€ -	- €
6	None		€ -	- €
7	None		€ -	- €
				- 150.00 €

Preventive maintenance of the System B [Annual Average]				
	Model/Intervention	pcs	unit price	TOTAL
1	Filters Cleaning	1	€ 75.00	- 75.0 €
2	R-Gas	1	€ 100.00	- 100.0 €
3	None		€ -	- €
4	None		€ -	- €
5	None		€ -	- €
6	None		€ -	- €
7	None		€ -	- €
				- 175.00 €



Co-funded by
the European Union



57.8 Mantenimiento correctivo

Mantenimiento correctivo

Intervenciones a mitad de vida útil previstas para mantener el rendimiento del sistema; todas las intervenciones se realizarán en el año 7

Sistema A: sustitución del quemador (300 €) + posible sustitución de la unidad split

Sistema B: sustitución del compresor (500 €) + posible sustitución del fan-coil (200 €)

Corrective maintenance / Equipment replacement of the System A					
Nº.	Intervention	Year	pcs	unit price	TOTAL
1	Burners	7	1	€ 300.00	- 300.0 €
2	Room Split	7	1	€ 650.00	- 650.0 €
3	None			€ -	- €
4	None			€ -	- €
5	None			€ -	- €
6	None			€ -	- €
7	None			€ -	- €
					- 950.00 €

Corrective maintenance / Equipment replacement of the System B					
Nº.	Intervention	Year	pcs	un price	TOTAL
1	Compressor	7	1	€ 500.00	- 500.0 €
2	Fan-coil	7	1	€ 200.00	- 200.0 €
3	None			€ -	- €
4	None			€ -	- €
5	None			€ -	- €
6	None			€ -	- €
7	None			€ -	- €
					- 700.00 €



Co-funded by
the European Union



57.9 Costes de eliminación o desmantelamiento

Desmantelamiento / eliminación

Costes de eliminación o desmantelamiento.

Disposal costs, decommissioning costs, or deconstruction costs of the System A					
Nº.	Intervention	Year	pcs	un price	TOTAL
1	Disposal	15	1	€ 150.00	- 150.0 €
2	None			€ -	- €
3	None			€ -	- €
4	None			€ -	- €
5	None			€ -	- €
6	None			€ -	- €
7	None			€ -	- €
					- 150.00 €

Disposal costs, decommissioning costs, or deconstruction costs of the System B					
Nº.	Intervention	Year	pcs	un price	TOTAL
1	Disposal	15	1	€ 150.00	- 150.0 €
2	None			€ -	- €
3	None			€ -	- €
4	None			€ -	- €
5	None			€ -	- €
6	None			€ -	- €
7	None			€ -	- €
					- 150.00 €

To perform the financial analysis considering only the difference in investment between the two solutions, please select this option.
(Initial investment of System B minus System A)



Co-funded by
the European Union



57.10 Condiciones de funcionamiento y rendimiento energético

Sistema A – Caldera de gas + aire acondicionado split

Calefacción: caldera de 36 kW, 3.000 h/año, eficiencia 0,95 → 108.000 kWh térmicos

Refrigeración: aire acondicionado split de 25 kW, 1.500 h/año, COP 2,0 → 40.500 kWh térmicos, 20.250 kWh de electricidad

Unidad de control: 0,5 kW × 3.000 h/año → 1.500 kWh; eficiencia 1

Operating conditions of System A (Year 0) Eq.A1						
	Electric power	Thermal Power	Working Hours / year	COPIER or η	Annual Electricity Consumption	Total Delivered Power
	kW	kW	hours		kWh	kWh
Heating	0.0	36.0	3000.0	0.95	0	108,000
Cooling	13.5	27.0	1500.0	2.0	20,250	40,500
Auxiliary systems	0.5	0.0	3000.0	1.0	1,500	
Total					21,750	148,500

Sistema B – Bomba de calor reversible

Calefacción: 36 kW, COP 3,0 → 108 000 kWh térmicos, 36 000 kWh de electricidad

Refrigeración: 27 kW, COP 2,5 → 40 500 kWh térmicos, 16 200 kWh de electricidad

Unidad de control: 0,5 kW × 3.000 h/año → 1.500 kWh; eficiencia 1

Operating conditions of System B (Year 0) Eq.B1						
	Electric power	Thermal Power	Working Hours / year	COPIER or η	Annual Electricity Consumption	Total Delivered Power
	kW	kW	hours		kWh	kWh
Heating	12.0	36.0	3000.0	3.00	36,000	108,000
Cooling	10.8	27.0	1500.0	2.5	16,200	40,500
Auxiliary systems	0.5	0.0	3000.0	1.0	1,500	
Total					53,700	148,500

Nota: Ambos sistemas satisfacen la misma demanda de calefacción y refrigeración



Co-funded by
the European Union



57.11 Costes energéticos para el LCCA

Precios de la energía:

Gas natural: **0,08 €/kWh**

Electricidad: **0,185 €/kWh**

Energy vector price 1		
Natural gas	€/kWh	0.080

Energy vector price 2		
Electricity	€/kWh	0.185

Energy vector price 3		
None	€/kWh	0.00

Sistema A – Caldera de gas + aire acondicionado split

Calefacción: 113 684 kWh de gas → **9 094,74 €/año**

Refrigeración: 20 250 kWh de electricidad → **3 746,25 €/año**

€ /año

Unidad de control 1 500 kWh → **277,50 €/año**

Energy Costs of System A / Eq.A1				
	Annual Energy Consumption	Energy Vector	Energy Prices	Costs with Energy
	kWh		€	€
Heating	113,684	Natural gas	0.080 €	9,094.74 €
Cooling	20,250	Electricity	0.185 €	3,746.25 €
Auxiliary systems	1,500	Electricity	0.185 €	277.50 €
Total				13,118.49 €

Sistema B – Bomba de calor reversible

Calefacción: 36 000 kWh de electricidad → **6 660,00 €/año**

Refrigeración: 16 200 kWh de electricidad → **2 997,00 €/año**

€ /año

Energy Costs of System / Eq.B1				
	Annual Energy Consumption	Energy Vector	Energy Prices	Costs with Energy
	kWh		€	€
Heating	36,000	Electricity	0.185 €	6,660.00 €
Cooling	16,200	Electricity	0.185 €	2,997.00 €
Auxiliary systems	1,500	Electricity	0.185 €	277.50 €
Total				9,934.50 €



Co-funded by
the European Union



Nota: Los costes energéticos son **datos fundamentales** para el cálculo del LCCA



57.12 Parámetros financieros y medioambientales

Supuestos financieros:

Precio del gas natural: **+3 % anual**

Precio de la electricidad: **+2 %/año**

Coste de mantenimiento preventivo: **+2,5 %/año**

Tasa de descuento: **6 %/año**

Factores de emisión:

Electricidad: **0,208 kgCO₂/kWh**

Gas natural: **0,204 kgCO₂/kWh**

Emisiones de carbono:

Sistema A: **0,9 tCO₂eq**

Sistema B: **1,5 tCO₂eq**

		Eq.A1	Eq.A2
Emissions Equipment Production [tCO ₂ eq]		0.9	0
Natural gas	Tiered rate [y]	3.00%	
Electricity	Tiered rate [y]	2.00%	
None	Tiered rate [z]	0.00%	
Maintenance tiered rate [m]		2.50%	
Discount tiered rate [r]		6.00%	

		Eq.B1	Eq.B2
Emissions Equipment Production [tCO ₂ eq]		1.5	0
Natural gas	Emission factor [kgCO ₂ eq./kWh]	0.204	
Electricity	Emission factor [kgCO ₂ eq./kWh]	0.208	
None	Emission factor [kgCO ₂ eq./kWh]	0	



Co-funded by
the European Union



Nota: Los factores de emisión dependen de la fuente de energía y de la ubicación del proyecto.



57.12 Presentación de resultados

Resultados del LCCA: comparación de sistemas (vida útil de 15 años)

Inversión inicial (Cin)

Sistema A: 5700 €

Sistema B: 11 250 €

Costes de mantenimiento (Cm)

Preventivos +
Correctivos

Sistema A: 1.895 €

Costes energéticos (Ce)

Sistema A: 134
825 €

Sistema B: 108
888 €

Costes de eliminación (Cd)

Ambos sistemas:
62,59 €

Costes totales del ciclo de vida (LCC)

Sistema A: 142 483 €

Sistema B: 122 510 €

3 - LCCA - Results

This section will present the financial results of the simulation, the environmental assessment, and graphical representations of the results.

Economic parameters	
Discount rate	6.00%
Natural gas Tiered rate [y]	3.00%
Electricity Tiered rate [y]	2.00%
None Tiered rate [z]	0.00%
Maintenance tiered rate	2.50%
Study period	15.00
IRR Steps	1.00%

	System A	System B	DIFFERENCE
Initial Investment Cost (Cin)	- 5,700.00 €	- 11,250.00 €	- 5,550.00 €
Preventive Maintenance Costs (Co)	- 1,695.75 €	- 1,978.38 €	- 282.63 €
Corrective Maintenance Costs (Cr)	- 950.00 €	- 750.00 €	- 200.00 €
Total Maintenance Costs (Cm)	- 2,645.75 €	- 2,728.38 €	- 82.63 €
Disposal Costs (Cd)	- 150.00 €	- 150.00 €	- €
Total Energy Costs (Ce)	134,824.79 €	108,886.14 €	25,938.65 €
Total Costs w/o Cin	132,029.03 €	106,007.76 €	26,021.28 €
LCC	143,320.54 €	123,014.51 €	20,306.03 €
Emissions [kgCO2]	421,250	165,822	255,428

STUDY ECONOMIC INDICATORS		
DPP (1°)	4.01	Years
DPP (2°)		Years
NPV	14,771.28 €	Euros
IRR	25.68%	%
ROI	131%	%



Co-funded by
the European Union



57.13 Flujos de caja

Información extraída de los gráficos de flujos de caja

Los flujos de caja incluyen los costes operativos recurrentes y los costes puntuales (sustituciones, fin de vida útil).

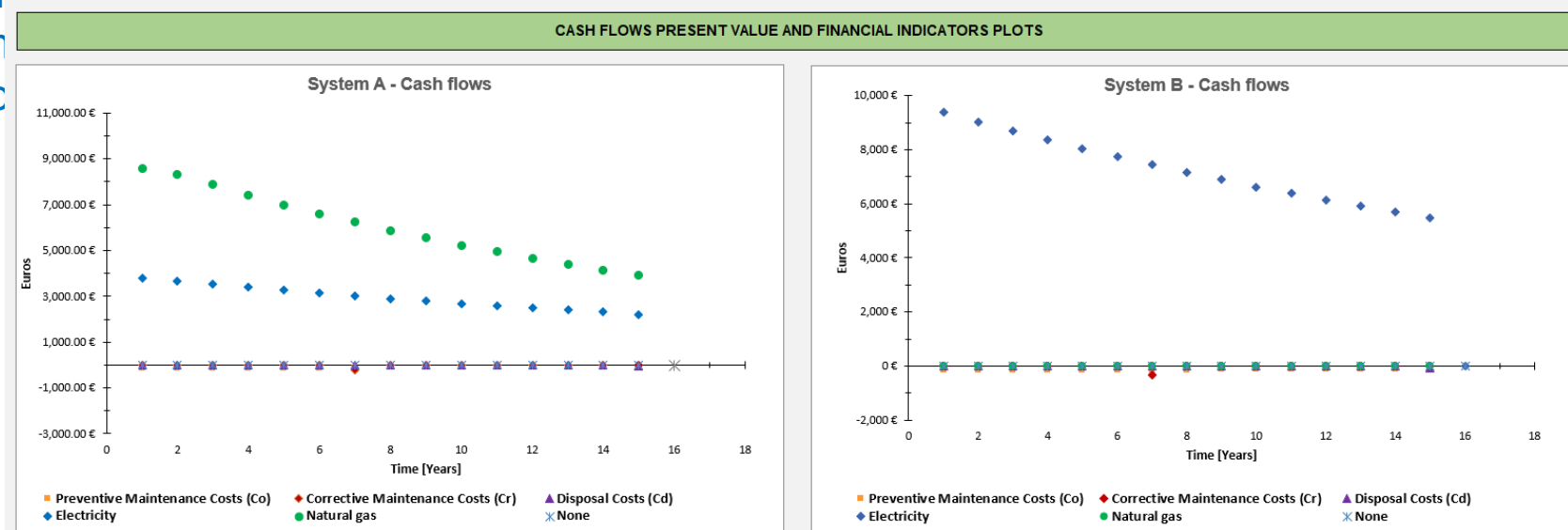
El consumo de energía es el componente de coste más importante.

El sistema B (alta eficiencia) tiene salidas de fondos relacionadas con la energía significativamente más bajas que el sistema A.

La visualización destaca cómo las categorías de costes contribuyen al LCC total a lo largo del tiempo.

Permite con
producen lo

e se



Co-funded by
the European Union



Gráficos de flujos de caja



57.14 Coste del ciclo de vida

El coste del ciclo de vida se expresará en valor actual

Categorías de costes (ambos sistemas):

Costes de inversión inicial (Cin)

Costes de mantenimiento preventivo (Co)

Costes de mantenimiento correctivo (Cr)

Costes de desmantelamiento/fin de vida útil (Cd)

Costes energéticos (Ce)

**COSTE DEL
CICLO DE VIDA**

En valores actuales



Co-funded by
the European Union

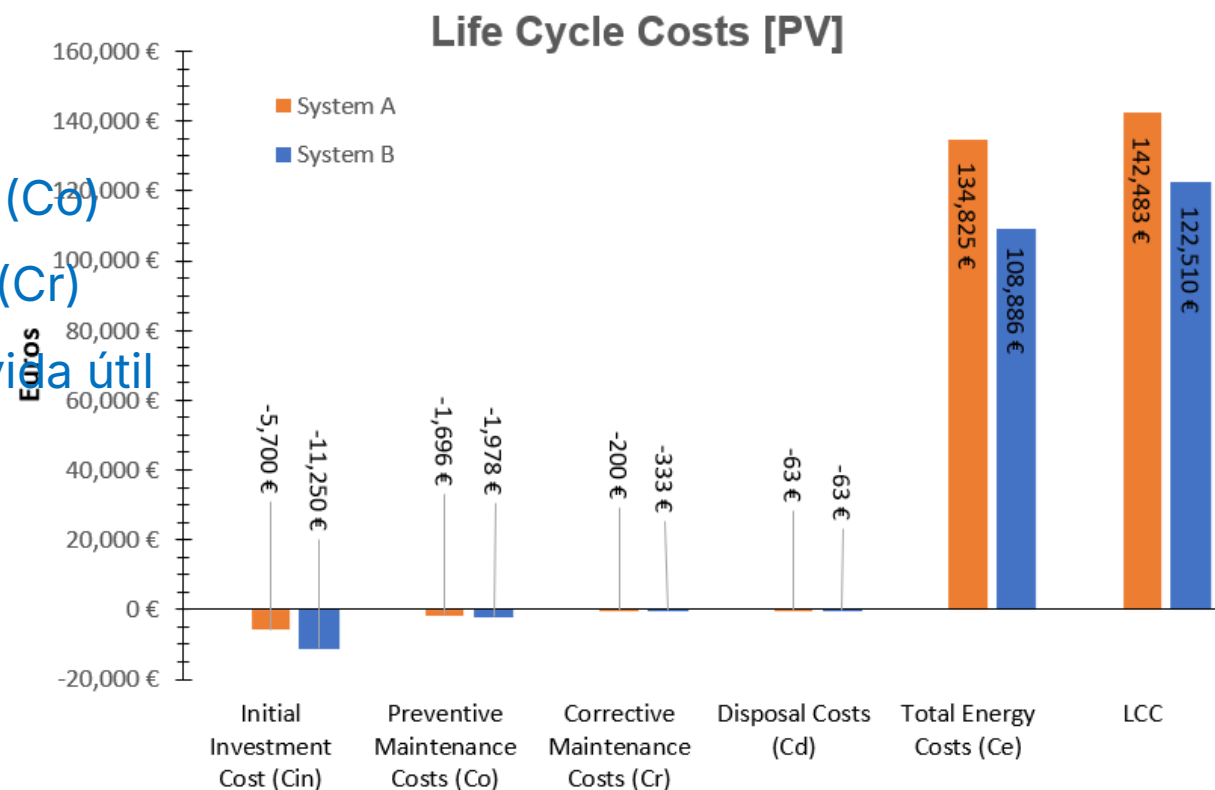


Gráfico del LCC – Valores actuales



57.15 Indicadores financieros: sistema B frente a A

STUDY ECONOMIC INDICATORS		
DPP (1º)	4.01	Years
DPP (2º)		Years
NPV	15,171.12 €	Euros
IRR	26.02%	%
ROI	135%	%

Período de recuperación descontado (DPP)

4,01 años

Valor actual neto (VAN):

15 171 € → rentabilidad positiva de la inversión
adicional

Tasa interna de rendimiento (TIR)

26,02 % → muy por encima de la
descuento

Rentabilidad de la inversión (ROI)

135 % → gran beneficio financiero

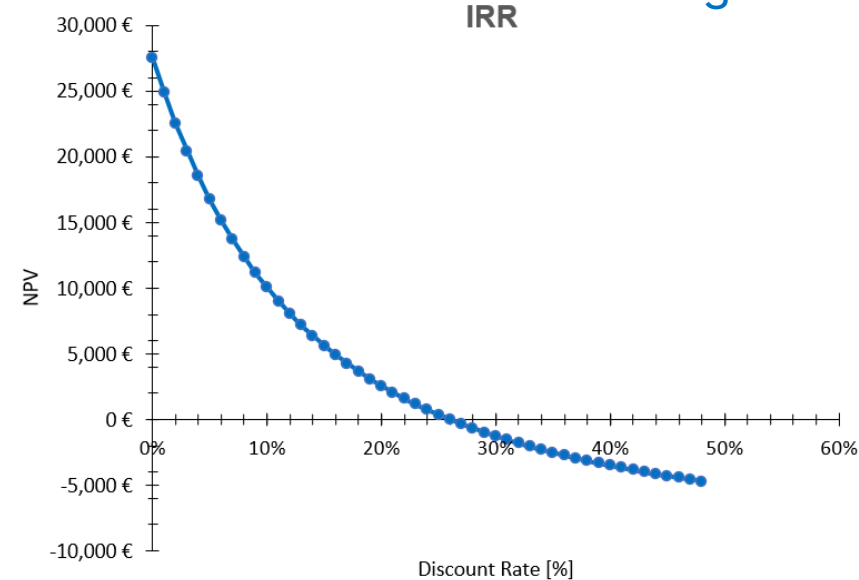
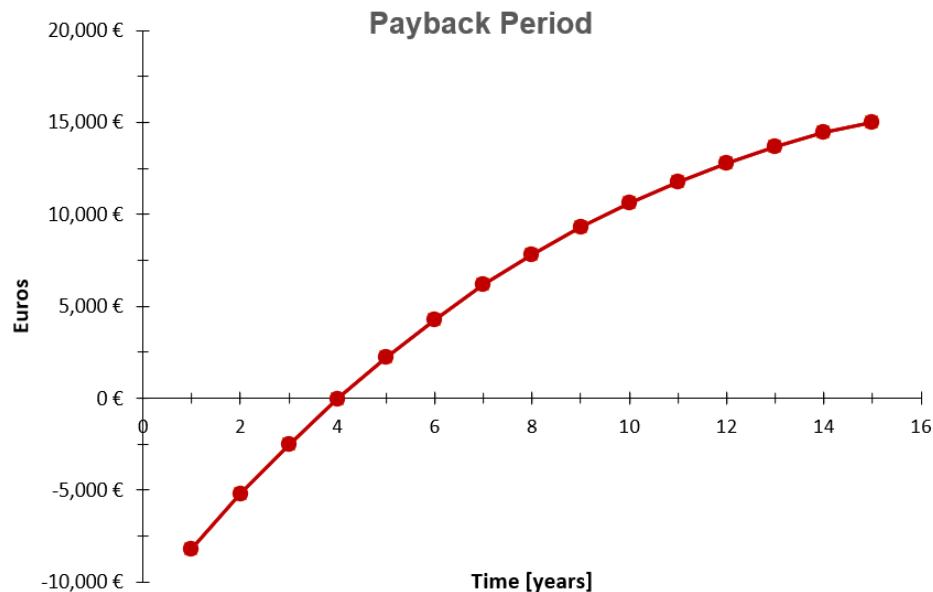


Gráfico del periodo de recuperación

Gráfico de la TIR



Co-funded by
the European Union



57.16 Análisis de los costes del ciclo de vida

Conclusión clave:

La solución B reduce el consumo de energía en aproximadamente un 60 %.

Las emisiones de CO₂ se reducen en aproximadamente un 61 %, lo que contribuye a los objetivos de sostenibilidad.

Ahorro en el LCC de 19 973 € en 15 años.

Life Cycle Cost Analysis							
	System A			System B			
	Natural gas	Electricity	None	Natural gas	Electricity	None	DIFFERENCE
Emission factor [kgCO2 eq./kWh]	0.208	0.204	0	0.208	0	0	
Annual energy consumption [kWh]	113,684	13,700	0	40,000	0	0	
Total Energy Consumption [kWh]	127,384			40,000			87,384
Emissions energy vector [kgCO2 eq.]	354,695	164,322	0	0	0	0	
Total Project Emissions - LCA [kgCO2 eq.]	421,250			165,822			255,428
Life Cycle Cost [€]	142,482.65 €			122,509.63 €			19,973.02 €

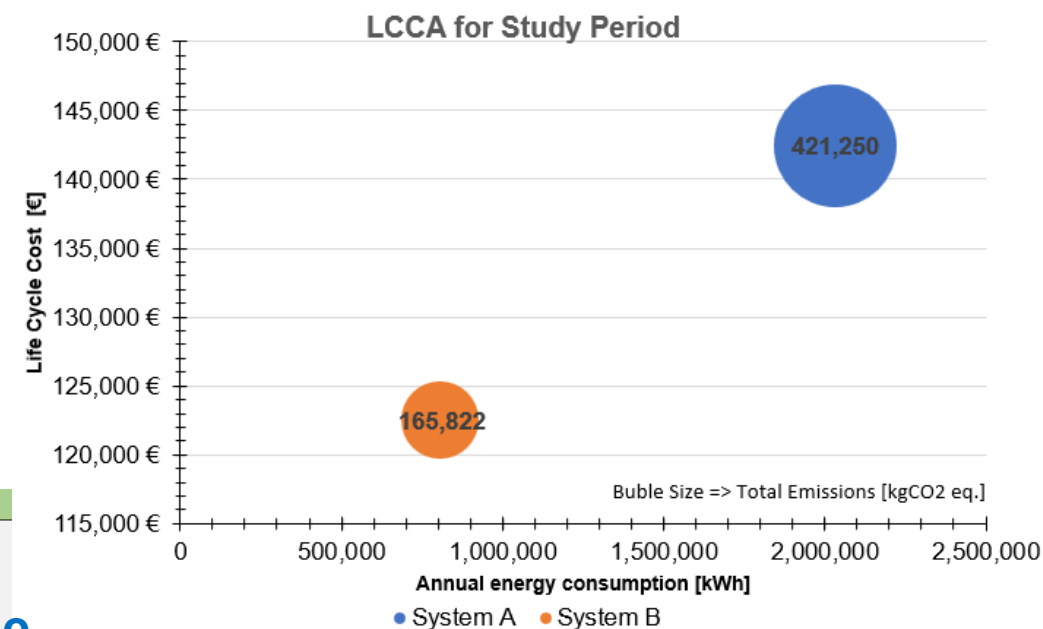


Gráfico del LCCA

57.16 Conclusiones

- Utilizar datos completos y coherentes (inversión, explotación, mantenimiento, energía, desmantelamiento, emisiones).
- Aplicar los mismos criterios y el mismo periodo de análisis a todas las alternativas para una comparación justa.
- Distinguir entre CAPEX (costes iniciales) y OPEX (costes operativos).
- Tenga en cuenta el valor temporal del dinero utilizando tasas de descuento (VAN, TIR).
- Evaluar múltiples indicadores financieros: VAN, TIR, ROI, periodo de recuperación.
- Incluir los impactos ambientales y sociales (consumo de energía, emisiones).
- Basar las conclusiones en comparaciones numéricas objetivas.
- Utilizar tablas y gráficos para presentar claramente los resultados clave.



Tenga en cuenta la incertidumbre y el análisis de sensibilidad (precio de la energía, inflación,



mantenimiento).



Referencias

Directivas y reglamentos de la UE

Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios (UE/2024/1275, EPBD).
Pacto Verde Europeo y Ley del Clima de la UE (Reglamento (UE) 2021/1119).
Consejo de la UE. (12 de abril de 2024). *Comunicado de prensa sobre la revisión de la EPBD*.
Comisión Europea. (2020). *Estrategia de la Ola de Renovación*.
Comisión Europea. *Estrategias de renovación a largo plazo (LTRS)*.

Informes de organizaciones

Buildings Performance Institute Europe (BPIE). (s. f.). *Renovación profunda: hacia un parque edificatorio descarbonizado*.
BPIE. (2022). *Financiación de la ola de renovación*.
Renovate Europe. (2020). *Estrategia de Renovate Europe para un edificio energéticamente eficiente*.
I4CE. (2024). *Informe sobre el déficit de inversión climática en Europa*.
I4CE. (2025). *Estado de la inversión climática en Europa*.
Agencia Internacional de la Energía (AIE). (2022/2023). *Financiación de la transición hacia la energía limpia en el sector de la construcción*.

Normas y directrices técnicas

ISO 14040:2006 (En). (2006). *Gestión medioambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional de Normalización. Consultado en <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>
Guía de diseño integral de edificios (WBDG). *Análisis de costes del ciclo de vida (LCCA)*. Obtenido de <https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>

Libros y manuales sobre el cálculo de costes del ciclo de vida

Fuller, S. K. (2000). *Análisis de costes del ciclo de vida (LCCA) en la gestión energética federal*.
Fuller, S. K. y Petersen, S. R. (1996). *Manual de cálculo de costes del ciclo de vida para el Programa Federal de Gestión Energética (Manual 135 del NIST)*.
Departamento de Defensa de EE. UU. (1969). *Cálculo del coste del ciclo de vida en la política de adquisición de equipos*.
Woodward, D. G. (1997). Cálculo de costes del ciclo de vida: teoría, adquisición de información y aplicación. *International Journal of Project Management*, 15(6), 335–343.
Dhillon, B. S. (2010). *Cálculo de costes del ciclo de vida para ingenieros*. CRC Press.

Normas y directrices técnicas

ISO 14040:2006 (En). (2006). *Gestión medioambiental: evaluación del ciclo de vida: principios y marco*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional de Normalización. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>
Guía de diseño integral de edificios (WBDG). *Análisis de costes del ciclo de vida (LCCA)*. Obtenido de <https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>



Co-funded by
the European Union



Referencias

Artículos académicos

- Maduta, C., Kakoulaki, G., Zangheri, P. y Bavetta, M. (s. f.). *Hacia viviendas energéticamente eficientes y libres de amianto mediante la rehabilitación energética profunda*. Obtenido de https://energy.ec.europa.eu/index_en?redir=1
- Copiello, S., Gabrielli, L. y Bonifaci, P. (2017). Evaluación de la rehabilitación energética en edificios en condiciones de incertidumbre: la importancia de la tasa de descuento. *Nombre de la revista, volumen* (número), páginas.
- Andaloro, A., Salvalai, G., Fregonese, G., Tso, L., & Paoletti, G. (2022). Reducción del riesgo en la rehabilitación energética de edificios de oficinas comerciales mediante la evaluación técnica del riesgo financiero. *Sustainability*, 14(Número), páginas.
- Castillo, J. G., y Zhangallimbay, D. (2021). La tasa de descuento social en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para Ecuador. *Nombre de la revista, volumen* (número), páginas.
- Felicioni, L., Klepačová, K., & Hejtmánková, B. (2025). Evaluación económica de la adaptación de los edificios al cambio climático: una revisión sistemática de los métodos de evaluación de costes. *Nombre de la revista, volumen* (número), páginas.
- Papangelopoulou, M. D., Alexakis, K., y Askounis, D. (2015). Métodos de evaluación para la rehabilitación energética de edificios con énfasis en la evaluación financiera: una revisión sistemática de la literatura. *Energy and Buildings*, 86, 431-444.
- Anexo 56 del EBC de la AIE; Ascione, F., et al. (2017). Anexo 56 del EBC: Optimización rentable de la energía y las emisiones de carbono en la rehabilitación de edificios

Recursos financieros en línea

- Stobierski, T. (s. f.). *¿Qué es el análisis coste-beneficio? Proceso de 4 pasos*. Harvard Business School Online. Consultado en <https://online.hbs.edu/blog/post/cost-benefit-analysis>
- Investopedia. (s. f.). *Flujo de caja*. Obtenido de <https://www.investopedia.com/terms/c/cashflow.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Gastos de capital (CapEx)*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/c/capitalexpenditure.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Gastos operativos (OpEx)*. Consultado en https://www.investopedia.com/terms/o/operating_expense.asp
- Investopedia. (s. f.). *Costo directo*. Obtenido de <https://www.investopedia.com/terms/d/directcost.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Periodo de recuperación de la inversión*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/p/paybackperiod.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Valor temporal del dinero*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/t/timevalueofmoney.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Valor actual (PV)*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/p/presentvalue.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Período de recuperación descontado*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/d/discounted-payback-period.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Flujo de caja descontado (DCF)*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/d/dcf.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Valor actual neto (VAN)*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>
- Investopedia. (s. f.). *Rentabilidad de la inversión (ROI)*. Consultado en <https://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>
- Abacum AI. (s. f.). *Entradas de efectivo*. Consultado en <https://www.abacum.ai/glossary/cash-inflows>
- Abacum AI. (s. f.). *Salidas de efectivo*. Consultado en <https://www.abacum.ai/glossary/cash-outflows>



On-fund by
the European Union

