

# **ANEXO VII: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD**

HIBRIDACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y BATERÍAS EN UNA CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA REVERSIBLE EXISTENTE

Alumnos:

Carles Borrell Ruiz,

Yulia Kuzmina,

Rodrigo Mohedas Andrino,

Jennifer Sanchez Berrocal,

Didier Edinson Nández Macías

Tutora: Maitane Urrutia Aparicio

**UNIVERSIDAD EUROPEA DE CANARIAS UEC**

**Máster Universitario en Energías Renovables**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. COSTES DE INVERSIÓN (CAPEX) .....	1
3. COSTES DE OPERACIÓN (OPEX) .....	2
4. LCOE Y RETORNO DE INVERSIÓN (TIR,VAN) .....	2
5. PAYBACK SIMPLE, PAYBACK COMPUESTO, ROI, INDICE DE POTENCIA E INDICE DE ENERGIA.....	4
6. BIBLIOGRAFIA.....	5

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costes de equipos seleccionados.....	1
Tabla 2: Costes total de CAPEX .....	2
Tabla 3: Costes de operación .....	2
Tabla 4: Valores del mercado diario 2018-2025. Fuente: REE .....	2
Tabla 5: Valor medio del mercado diario 2018-2025. Fuente:REE .....	3

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objetivo mostrar las partidas presupuestarias del proyecto de Hibridación de energía fotovoltaica y baterías en una central hidroeléctrica reversible existente.

Para evaluar la viabilidad del proyecto se analizarán los costes de este según los equipos seleccionados del anexo IV. Se procederá a analizar los costes y los hipotéticos ingresos que se generarían mediante la venta de la electricidad producida.

Los costes se dividen en los costes de inversión (CAPEX) y los costes que se producen a lo largo del funcionamiento de la planta (gastos de mantenimiento, impuestos, etc.). En cuanto a los ingresos se producen por la venta de la electricidad producida para verterla a la red eléctrica.

## 2. COSTES DE INVERSIÓN (CAPEX)

Teniendo en cuenta los equipos seleccionados en el Anexo IV, obtenemos la siguiente tabla 1 con el coste total.

<i>Concepto</i>	<i>Importe (€)</i>	<i>Unidades</i>	<i>Importe total (€)</i>
<i>LR7-72HTHF</i>	132,00	26.988	3.562.416,00
<i>SolarDock de HSB Marine</i>	5.000,00	180	900.000,00
<i>V Skid Compact de Power Electronics</i>	163.220,00	4	652.880,00
<i>LUNA2000-2.0MWH-2H1</i>	577.730,00	15	8.665.950,00
<i>Twin Skid Compact</i>	170.000,00	2	340.000,00
<i>EMS+SCADA</i>	151.582,00	1	151.582,00
<i>Jupiter STS 6000K H1</i>	170.000,00	5	850.000,00
<i>Importe total equipos (€)</i>			15.122.828,00

*Tabla 1: Costes de equipos seleccionados*

Para poder calcular los costes de inversión (CAPEX) hay que sumar el total del importe de los equipos junto con los costes de instalación eléctrica y la obra civil. Esto viene indicado en la Tabla 2

<i>Descripción</i>	<i>Importe (€)</i>
--------------------	--------------------

<i>Equipos seleccionados</i>	15.122.828,00
<i>Instalación eléctrica</i>	3.000.000,00
<i>Obra civil</i>	5.000.000,00
<i>Subtotal</i>	<b>23.122.828,00</b>
<i>Gastos generales (14%)</i>	3.237.195,92
<i>Beneficio industrial (6%)</i>	1.387.369,68
<i>Total CAPEX</i>	<b>27.747.393,60</b>

Tabla 2: Costes total de CAPEX

### 3. COSTES DE OPERACIÓN (OPEX)

En cuanto a los gastos operacionales de la Hibridación de energía fotovoltaica y baterías en una central hidroeléctrica reversible existente incluye los costes de mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos, los costes de mantenimiento del sistema de baterías (BESS) y los sistemas de control e integración que vienen reflejados en la Tabla 3

<b>Costes de operación (OPEX)</b>	<b>Importe (€)</b>
<i>Costes de mantenimiento de sistemas fotovoltaicos</i>	180.000,00
<i>Costes de mantenimiento del sistema de baterías (BESS)</i>	5.000,00
<i>Sistema de control e integración</i>	22.000,00
<i>Total</i>	207.000,00

Tabla 3: Costes de operación

### 4. LCOE Y RETORNO DE INVERSIÓN (TIR,VAN)

Lo primero de todo hay que estimar los ingresos de la planta de la energía producida. Para ello, hay que estimar el coste de la tarifa que se paga por la energía. Según REE (Esios Red Eléctrica, s. f.), los daños de los 8 últimos años se muestran en la Tabla 4

<b>Año</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
<b>Mercado diario (€/MWh)</b>	71,10	49,19	45,20	132,93	393,46	122,27	138,15	54,49

Tabla 4: Valores del mercado diario 2018-2025. Fuente: REE

Valor medio (€/kWh)	125,85
---------------------	--------

Tabla 5: Valor medio del mercado diario 2018-2025. Fuente:REE

Con los datos obtenidos en la simulación de PVsys, hemos obtenido una energía producida de 15998 MWh/año, por lo tanto:

$$E_{producida} = 15.998 \frac{MWh}{año} = 15.998.000 \frac{kWh}{año}$$

Una vez obtenido el valor de la energía producida, podemos obtener el valor de los ingresos mediante el siguiente cálculo:

$$Ingresos = 15.998 \frac{MWh}{año} * 125,85 \frac{€}{MWh} = 2.013.348,30 \frac{€}{año}$$

El flujo neto anual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Flujo\ neto\ anual &= Ingresos - OPEX = 2.013.348,30 - 198.975,15 \\ &= 1.814.373,15 \frac{€}{año} \end{aligned}$$

Una manera de calcular la rentabilidad del proyecto es el cálculo del LCOE (Levelized Cost of Energy), es decir, el coste normalizado de la energía producida por la planta. Los términos de la fórmula hacen referencia a toda la vida útil, por lo tanto, hay que hacer el sumatorio del valor de dichos términos a lo largo de los 25 años en los que se estima el funcionamiento de la instalación. La fórmula de cálculo del LCOE es la siguiente:

$$\begin{aligned} LCOE &= \frac{CAPEX + \sum OPEX_{anual}}{E_{total}} \quad [1] \\ LCOE &= \frac{(27.747.393,60 * 0,08585) + 207.000,00}{15.998.000} \\ LCOE &= 0,162 \frac{€}{kWh} = 161,84 \frac{€}{MWh} \end{aligned}$$

En primer lugar, analizaremos el Valor Actual Neto (VAN) y, posteriormente, se calculará la Tasa Interna de Retorno (TIR) del mismo.

La fórmula de cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad [2]$$

Dónde:

- $I_0$  es la inversión inicial del proyecto en el momento.
- $FC_t$  hace referencia al flujo de caja del proyecto en el año  $t$ .
- $n$  es el número de periodos considerados.
- $k$  es el interés exigido a la inversión.

Se considera que un proyecto es rentable siempre que el VAN de este sea mayor que cero. Se toma un valor de  $k$  del 7% para el cálculo del VAN.

$$VAN = -27.747.393,60 + 21.050.430,00 = -6.696.963,60 \text{ €}$$

Como el valor del VAN  $< 0$  quiere decir que con el coste del capital del 7%, los flujos de caja esperados durante 25 años no alcanzan a recuperar la inversión inicial.

Por otra parte, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es un tipo de descuento que hace que VAN sea cero. Por lo tanto, se debe usar la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad [3]$$

Resolviendo la ecuación obtenemos que TIR es  $4,17\% < k (7\%)$ . Dado que TIR es inferior a  $k$ , el proyecto resulta no rentable. Es decir, no cumple la rentabilidad mínima requerida.

## 5. PAYBACK SIMPLE, PAYBACK COMPUESTO, ROI, INDICE DE POTENCIA E INDICE DE ENERGIA

En primer lugar, el payback simple se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Payback simple: } \frac{CAPEX}{\text{Ingresos} - OPEX} \quad [4]$$

$$\text{Payback simple} = 1,40 \text{ años}$$

Al ser un payback tan corto, la recuperación de la inversión es más rápida y el riesgo es menor. Es decir, comenzaremos a generar ganancias en un futuro más cercano.

En segundo lugar, para el cálculo del payback compuesto, si descontamos el 7% anual de la suma acumulada de flujos descontados, no llega a cubrir el CAPEX durante los 25 años (vida útil). Es decir, no hay payback descontado.

En tercer lugar, para calcular el ROI (Return on Investment) usamos la siguiente ecuación:

$$ROI = \frac{\text{Ingresos} - OPEX}{CAPEX} * 100 \quad [5]$$

Sustituyendo los datos obtenemos que

$$ROI = 71,82 \%$$

Por último, calculamos el índice de potencia y energía mediante las siguientes fórmulas con el valor de la potencia nominal obtenida en la simulación de PVsys de 17.002 kWp:

$$\text{Índice de potencia} = \frac{\text{Potencial nominal}}{\text{Área}} = \frac{17.002}{72.900} = 0,233 \frac{kW}{m^2}$$

$$\text{Índice de energía} = \frac{E_{\text{anual}}}{\text{Potencia nominal}} = \frac{15.998.000,00}{17.002} = 940,95 \frac{kWh}{kW\text{año}}$$

## 6. BIBLIOGRAFIA

Esios red eléctrica. (s. f.). *Esios Red Eléctrica*. Red Eléctrica de España.  
<https://www.esios.ree.es/es/mercados-y-precios?date=01-09-2018>