

# Análisis de un sistema de generación renovable basado en un disco Stirling

---

JULIO 2015

GUILLERMO URCERA MARTÍN

DIRECTOR: ANTONI SUDRIA ANDREU





# Objetivos del trabajo

---

Estudio del disco TRINUM de INNOVA instalado en la ETSEIB.

Estudio del funcionamiento del disco Stirling instalado en la ETSEIB.

Estudio de la viabilidad del proyecto y de la tecnología.

# El disco Stirling

---

## Motivación

- Cambio climático
  - Dependencia actual de los combustibles fósiles
  - Alteración del equilibrio energético terrestre y de su sistema meteorológico
- Recurso solar
  - Fuente inagotable de energía mientras la vida en la Tierra sea sostenible
  - Abundante en un gran intervalo de latitudes



# El disco Stirling

---



# Oferta comercial

---

La tecnología encuentra actualmente dificultades para integrarse en el mercado.

- Cierre de muchas compañías y proyectos basados en discos Stirling.
- Alta competencia ofrecida por otras soluciones, en especial la fotovoltaica.



# Ventajas del disco Stirling

---

## Alta eficiencia

- Hasta un 32% para la generación eléctrica.
- Posibilidad de cogeneración.
- El seguimiento solar asegura una cobertura óptima y una producción homogénea.

## Sistema modular.

## Menor sensibilidad a las altas temperaturas.

# Desventajas del disco Stirling

---

Dispone de partes móviles.

Sujeto a la limitación del rendimiento de Carnot.

No es capaz de aprovechar la radiación difusa.

Alto coste.



# Tecnología: el motor Stirling

---

Posee la máxima eficiencia posible para un motor térmico.

Es un motor de combustión externa.

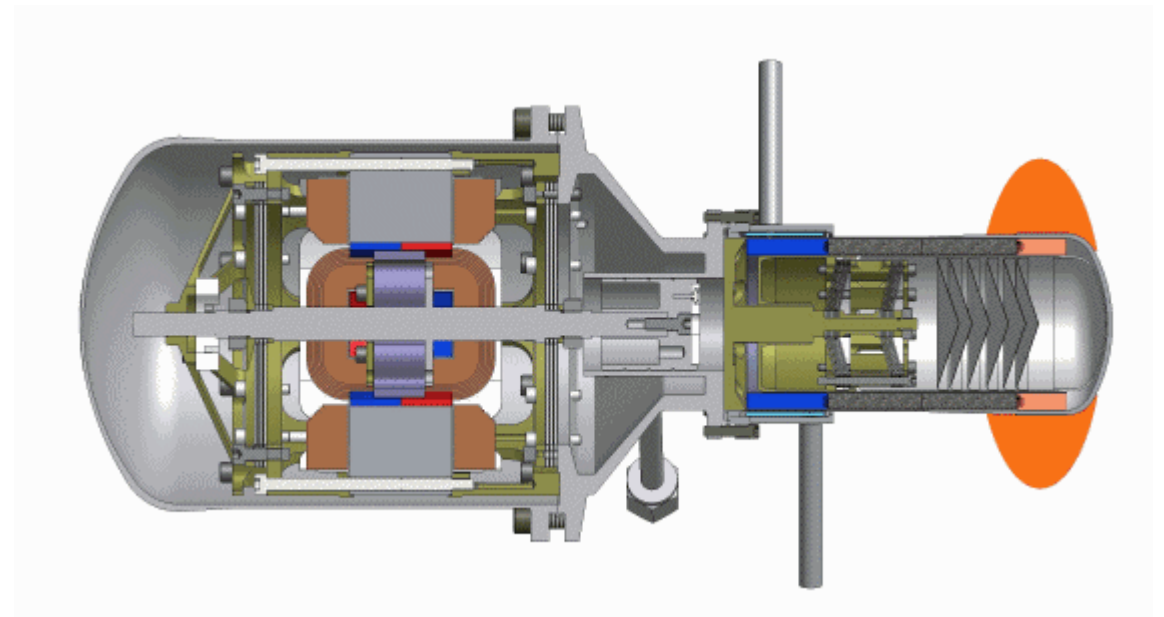
Relativamente silencioso.

Vida útil larga.

Tiempo de respuesta lento.

Alto coste.

Trabajo específico bajo.

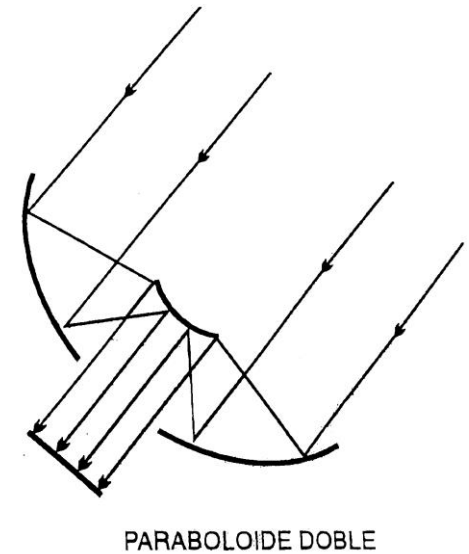
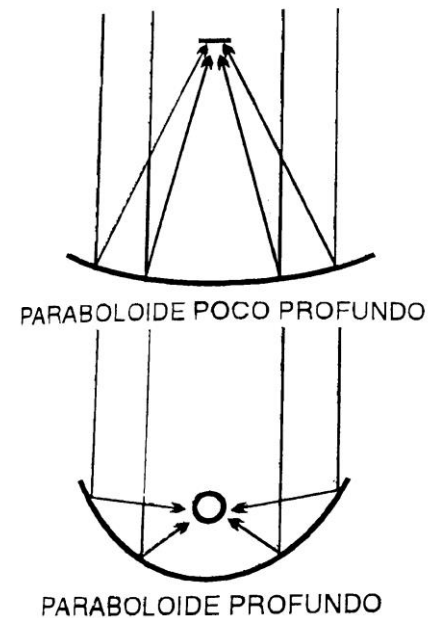
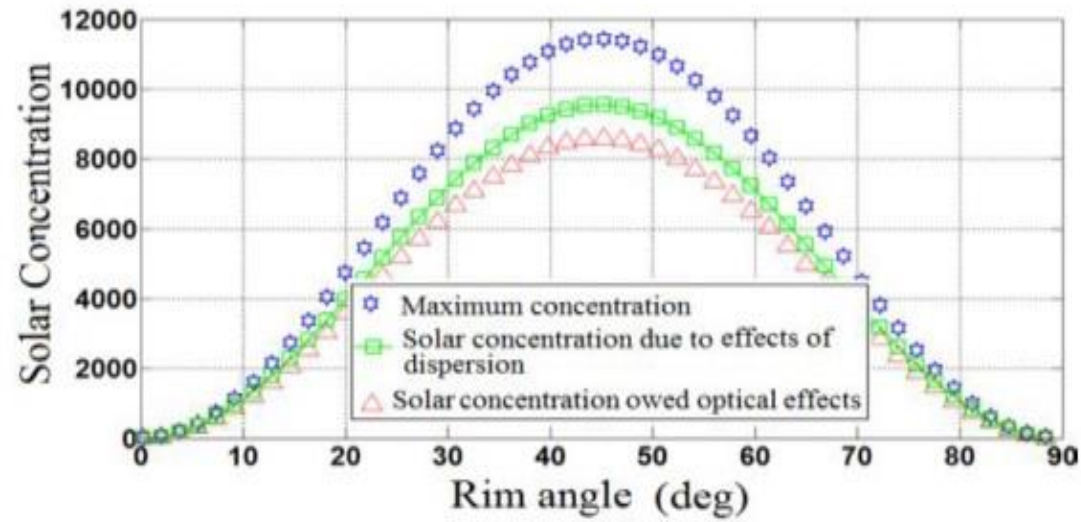


# Tecnología: paraboloide

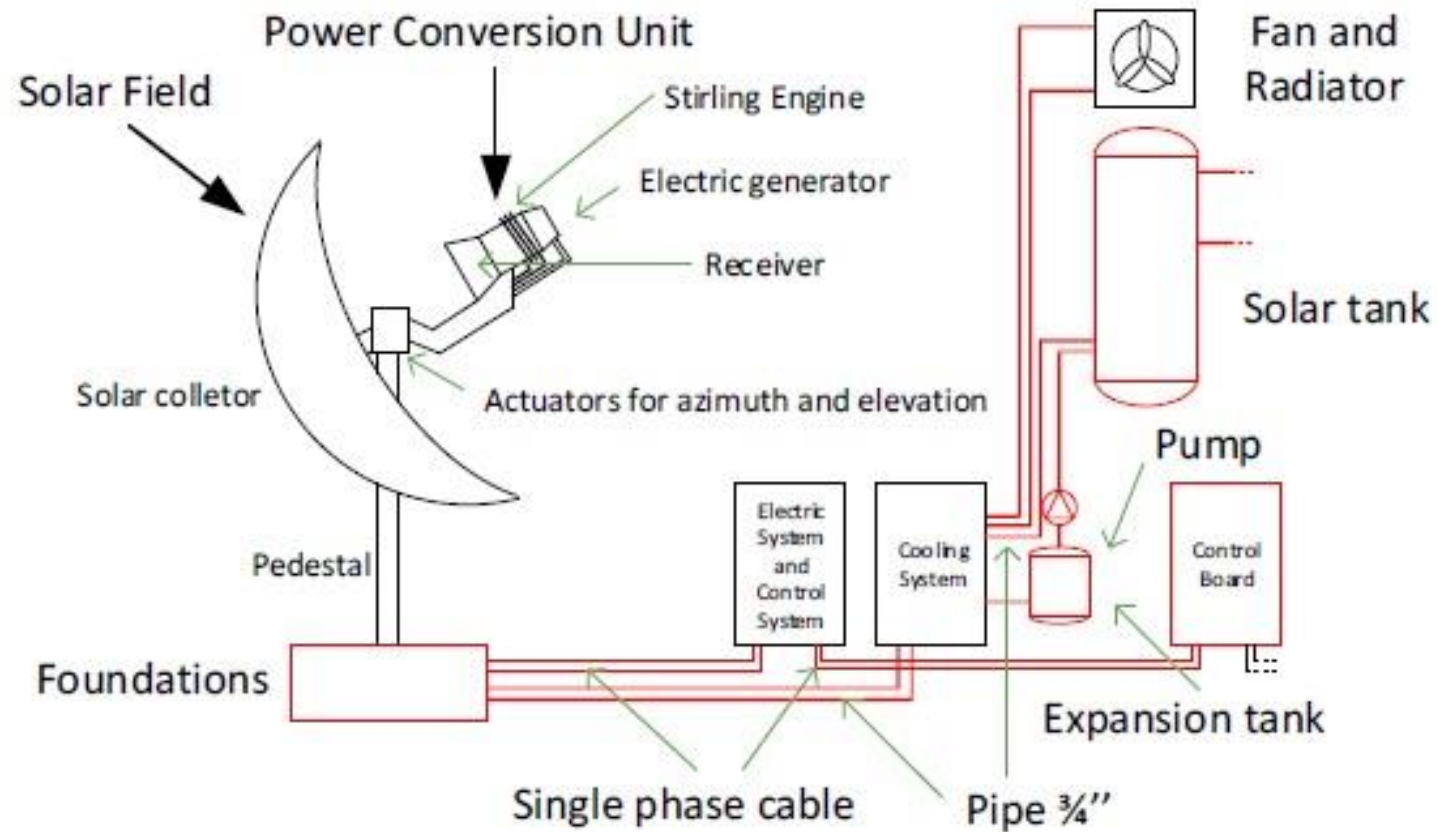
Material con un alto grado de reflectividad.

Material capaz de resistir condiciones meteorológicas adversas.

Su geometría influye en la concentración solar.



# Tecnología: cogeneración térmica



# INNOVA y TRINUM

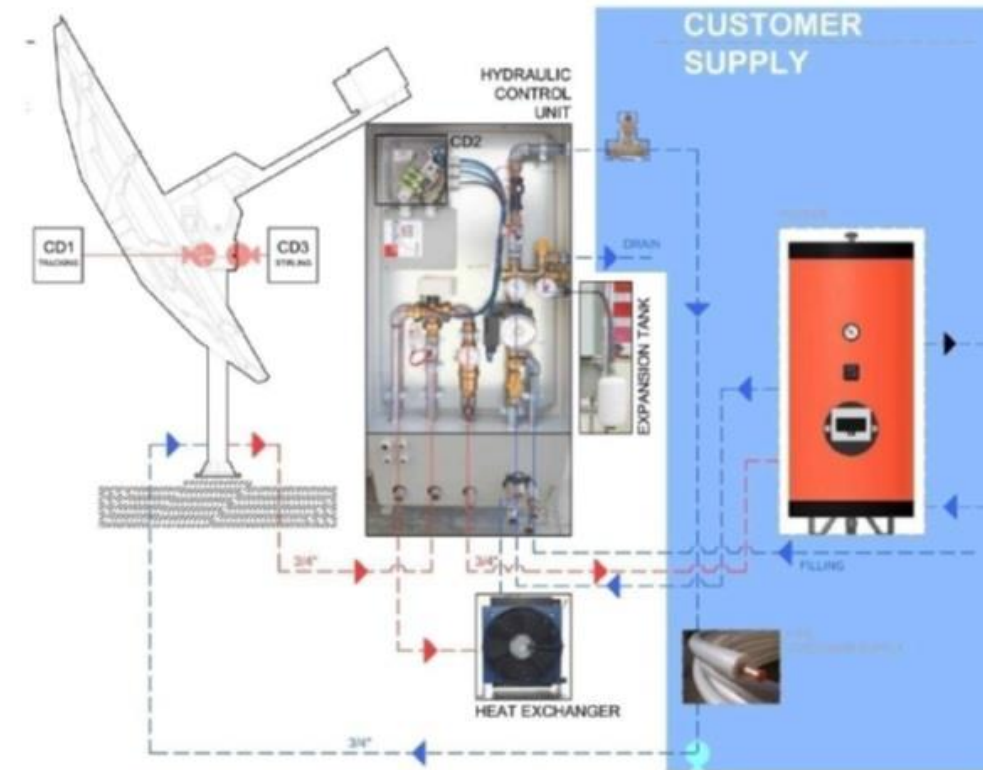
Compañía italiana establecida en 2000.

Objetivos de la instalación:

- Calentamiento del ACS para el gimnasio de la ETSEIB.
- Consumo propio de la energía eléctrica.

Características ofertadas:

- Alta eficiencia
  - 13,8% eléctrica
  - 41,4% térmica
- 3kW térmicos + 1kW eléctrico



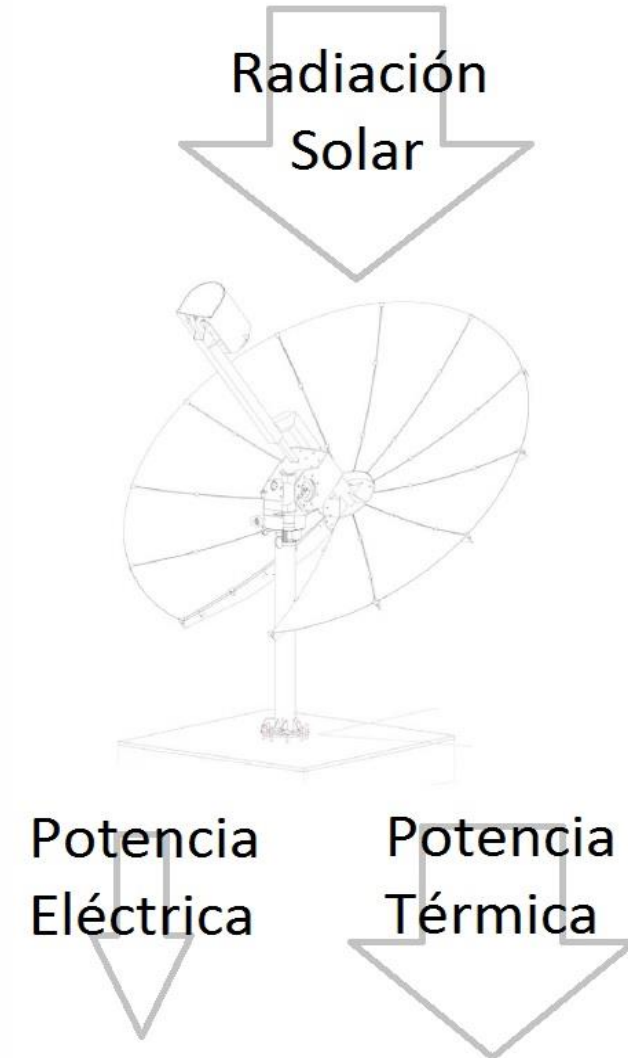
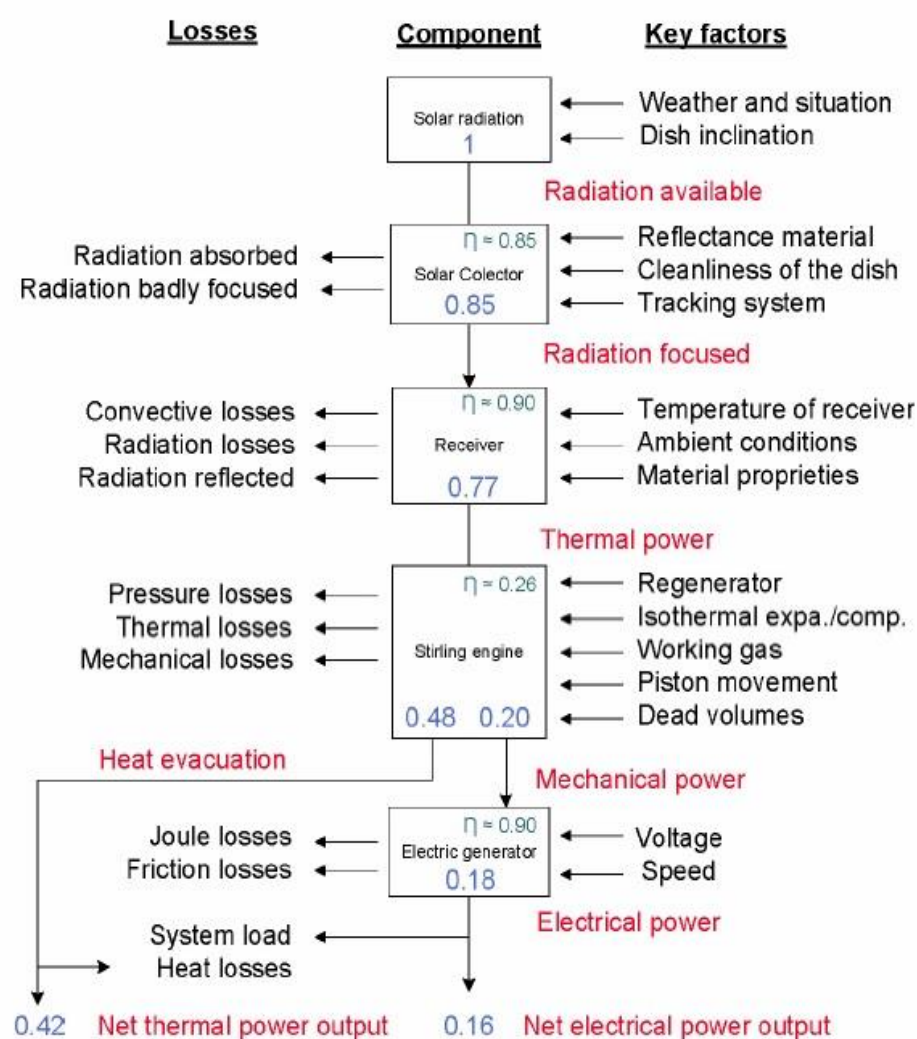
# Análisis de funcionamiento: Condiciones del estudio

No se dispone de datos empíricos de radiación solar directa.

El comportamiento muy irregular del disco lleva a la elaboración de hipótesis de estudio.

Datos de 3 fuentes (y localizaciones) distintas

48 días de estudio





# Análisis de funcionamiento: Cálculo de la radiación solar

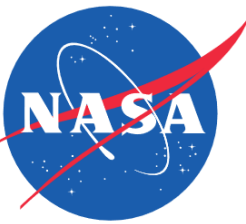
---

Se utiliza el método de *Perrin de Brichambaut et Dogniaux*

Datos originales de *meteocat*

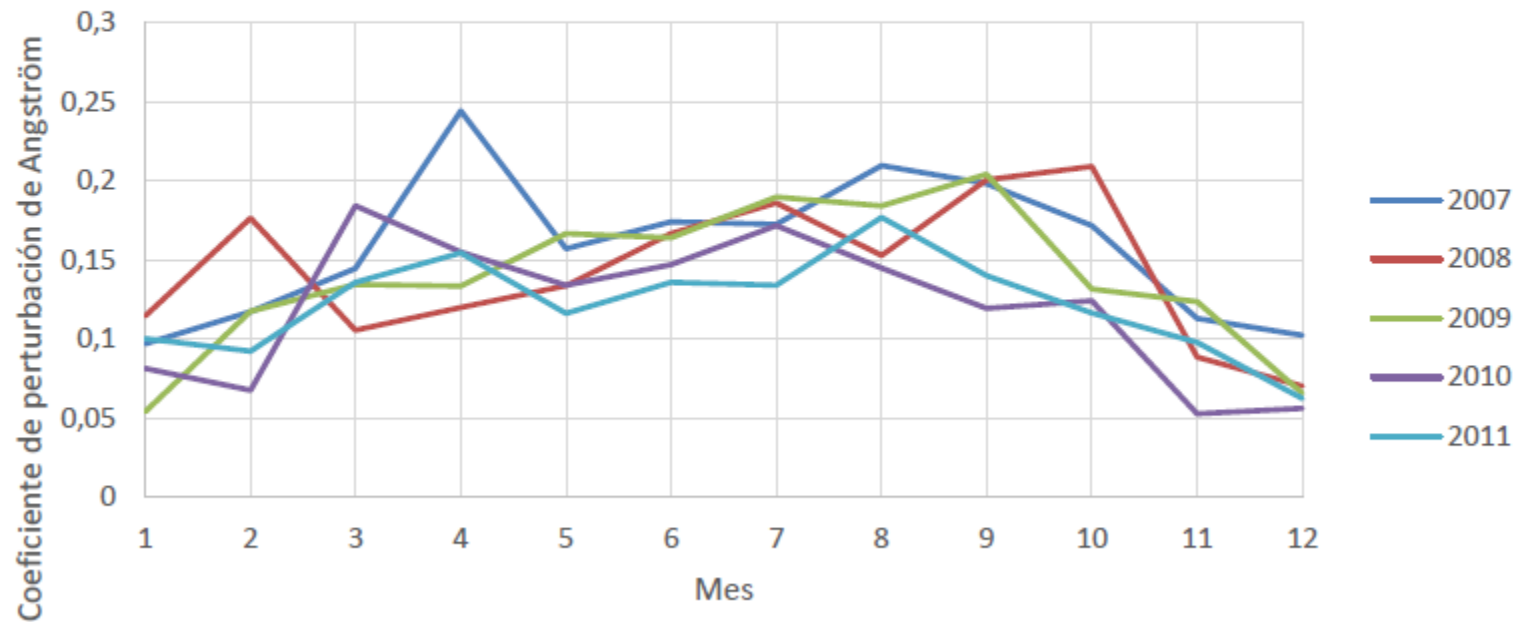
Datos para el cálculo del coeficiente de turbidez de Angström de *AERONET*.





# Análisis de funcionamiento: Cálculo de la radiación solar

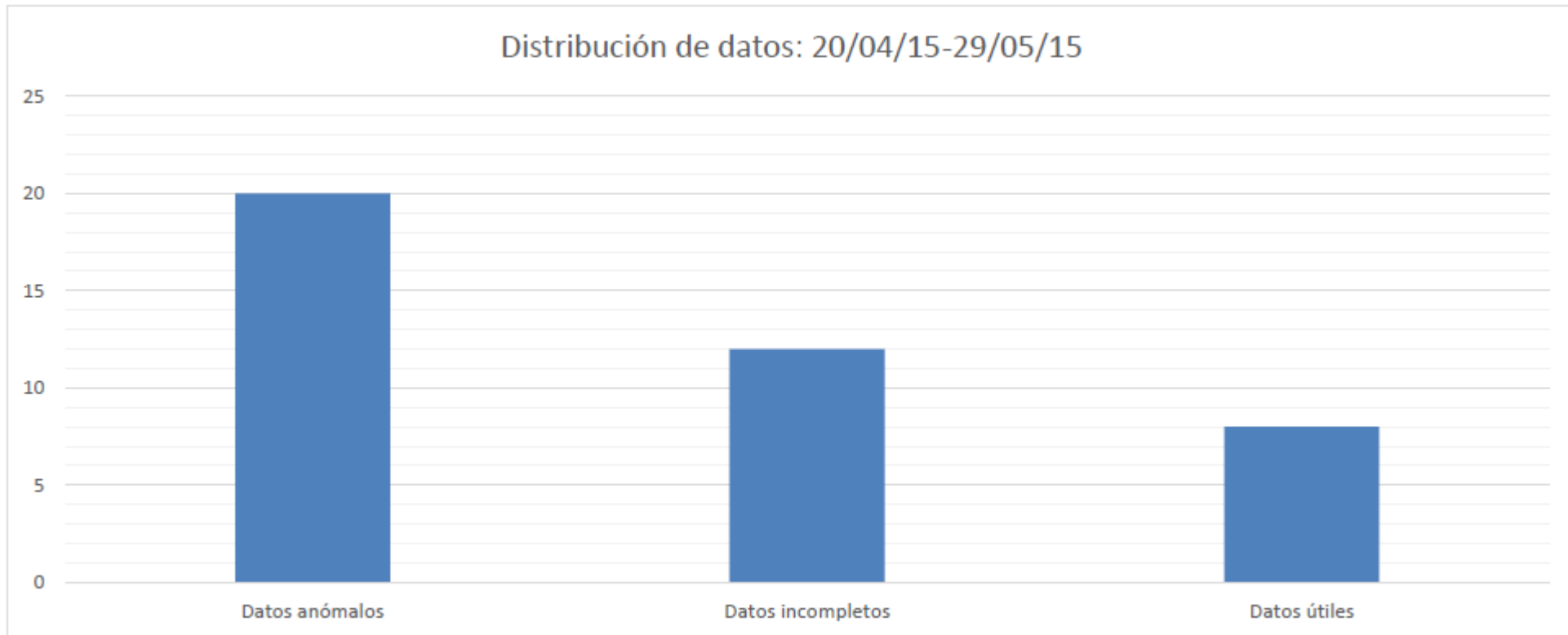
Evolución mensual del coeficiente de perturbación de Angström



| Mes        | Media del coeficiente de perturbación de Angström |
|------------|---|
| Enero      | 0.089306441                                       |
| Febrero    | 0.114071339                                       |
| Marzo      | 0.140812374                                       |
| Abril      | 0.161272604                                       |
| Mayo       | 0.141408776                                       |
| Junio      | 0.157454255                                       |
| Julio      | 0.170746856                                       |
| Agosto     | 0.173588219                                       |
| Septiembre | 0.172414975                                       |
| Octubre    | 0.150549603                                       |
| Noviembre  | 0.095073749                                       |
| Diciembre  | 0.071268619                                       |

# Análisis de funcionamiento: Elaboración de 3 supuestos

---



# Análisis de funcionamiento: Elaboración de 3 supuestos

---

## Supuesto 1:

- El disco funciona correctamente, utilizando los datos de los días sin incidentes

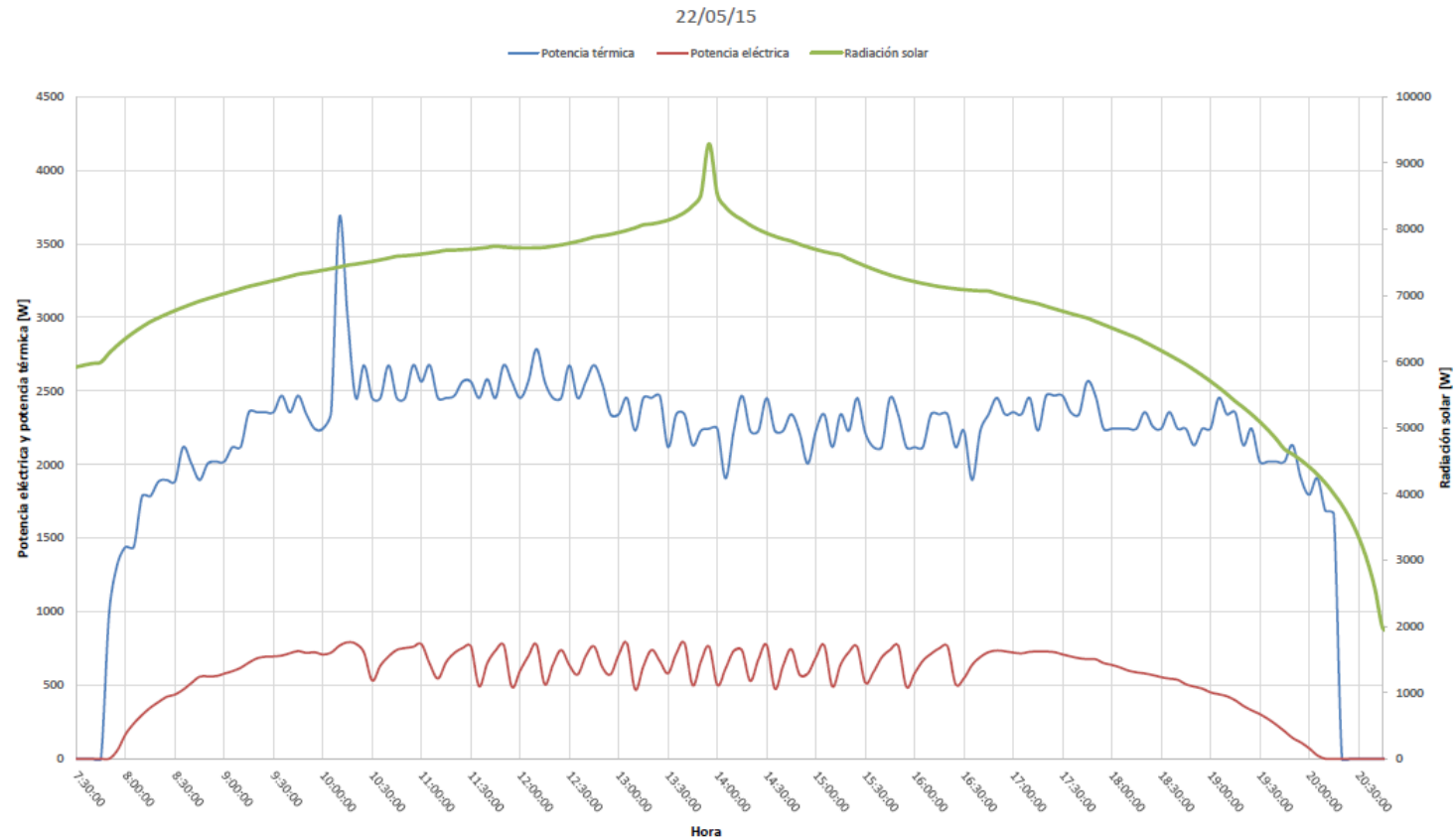
## Supuesto 2:

- El disco funciona como hasta el momento, utilizando los datos de todos los días

## Supuesto 3:

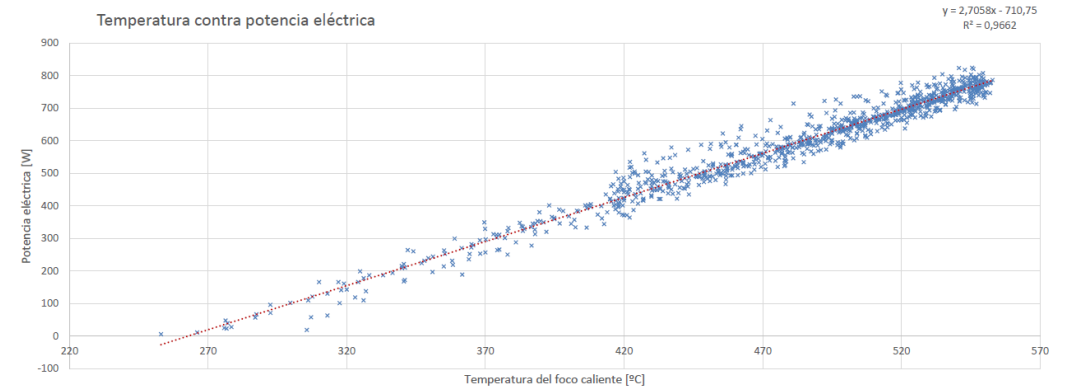
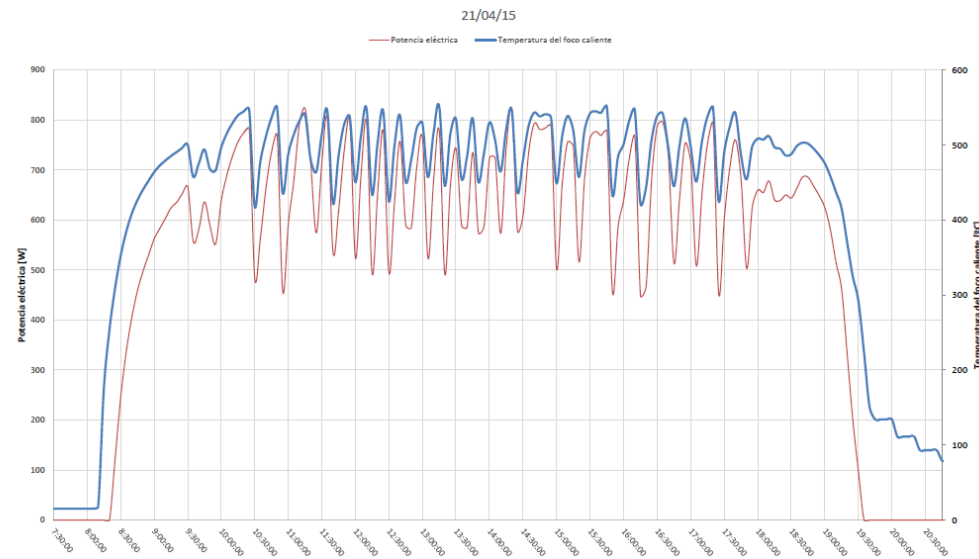
- El disco funciona tal como propone *INNOVA* en la documentación del producto

# Perfiles de generación, supuesto 1.

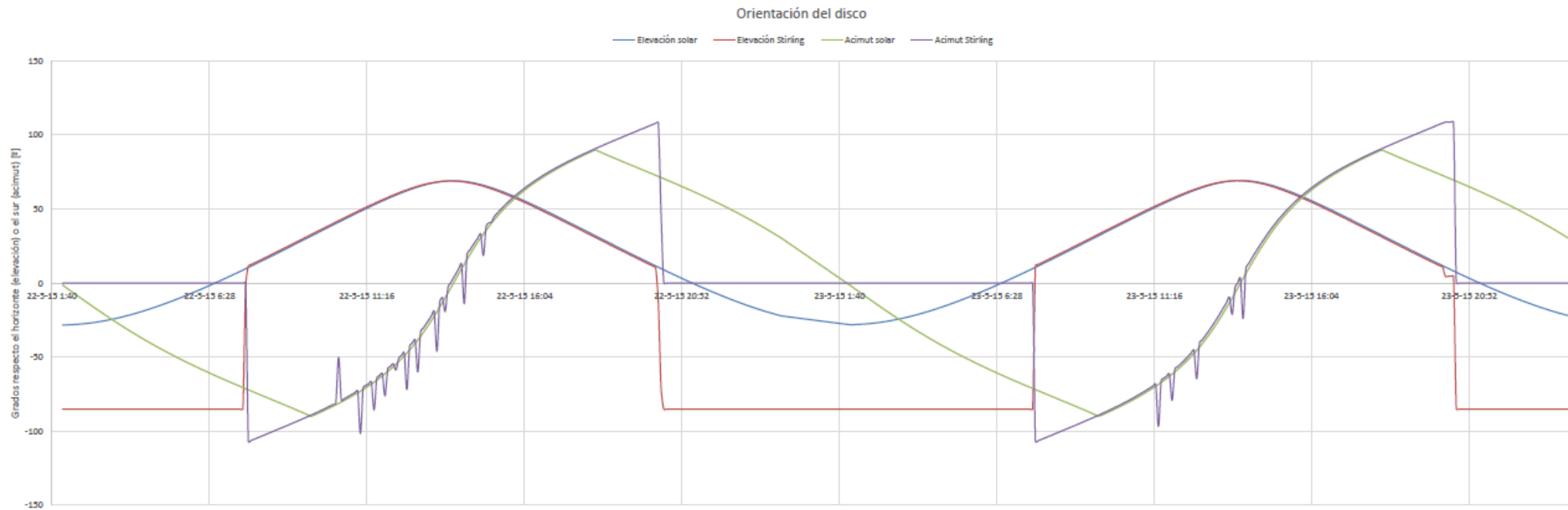




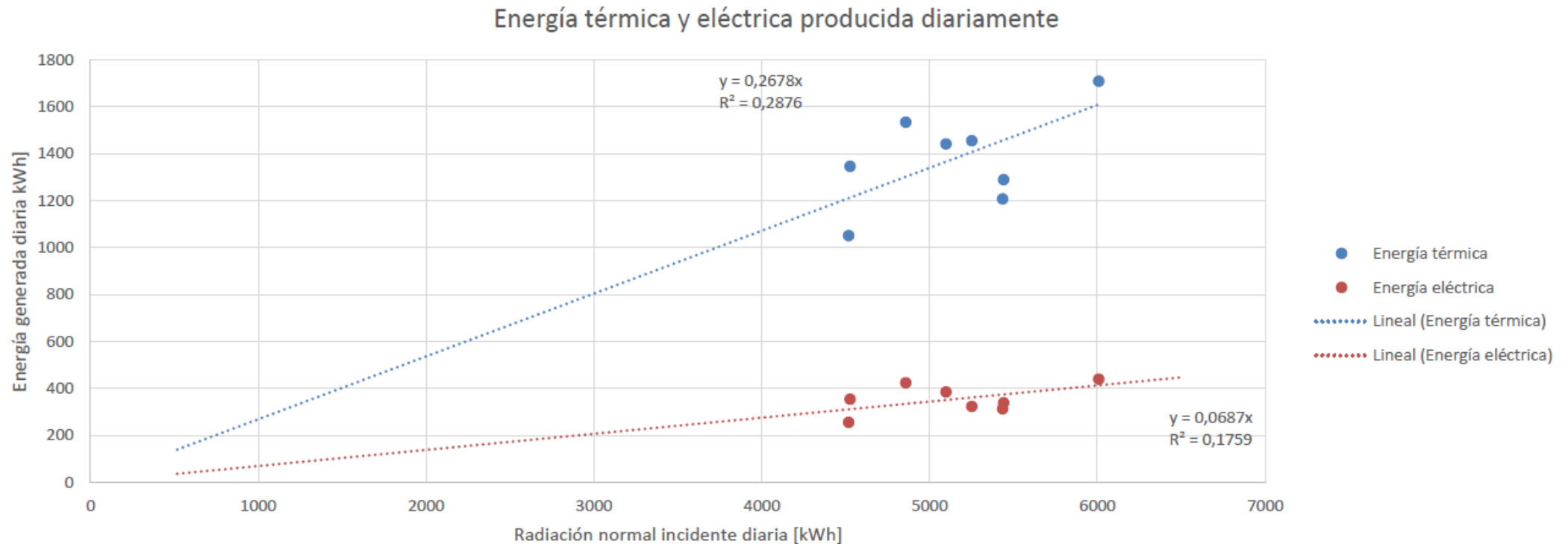
# Perfiles de generación, supuesto 1.



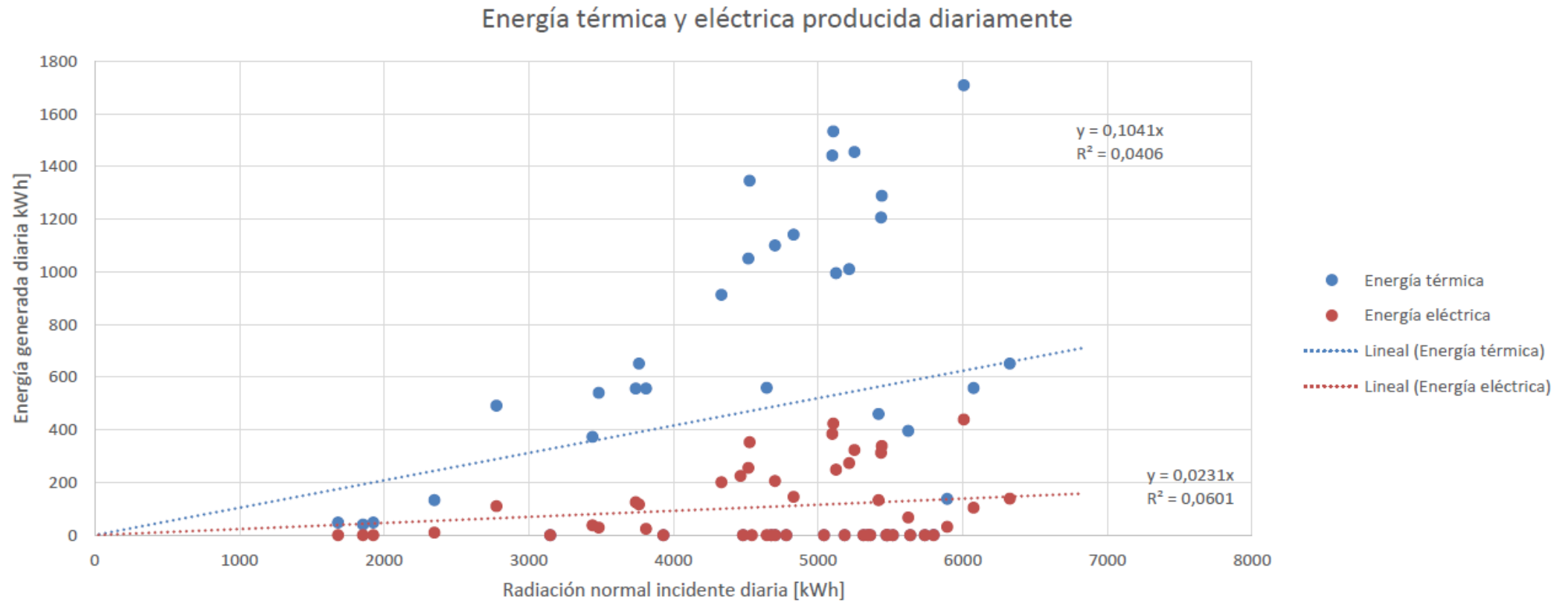
# Orientación: supuesto 1



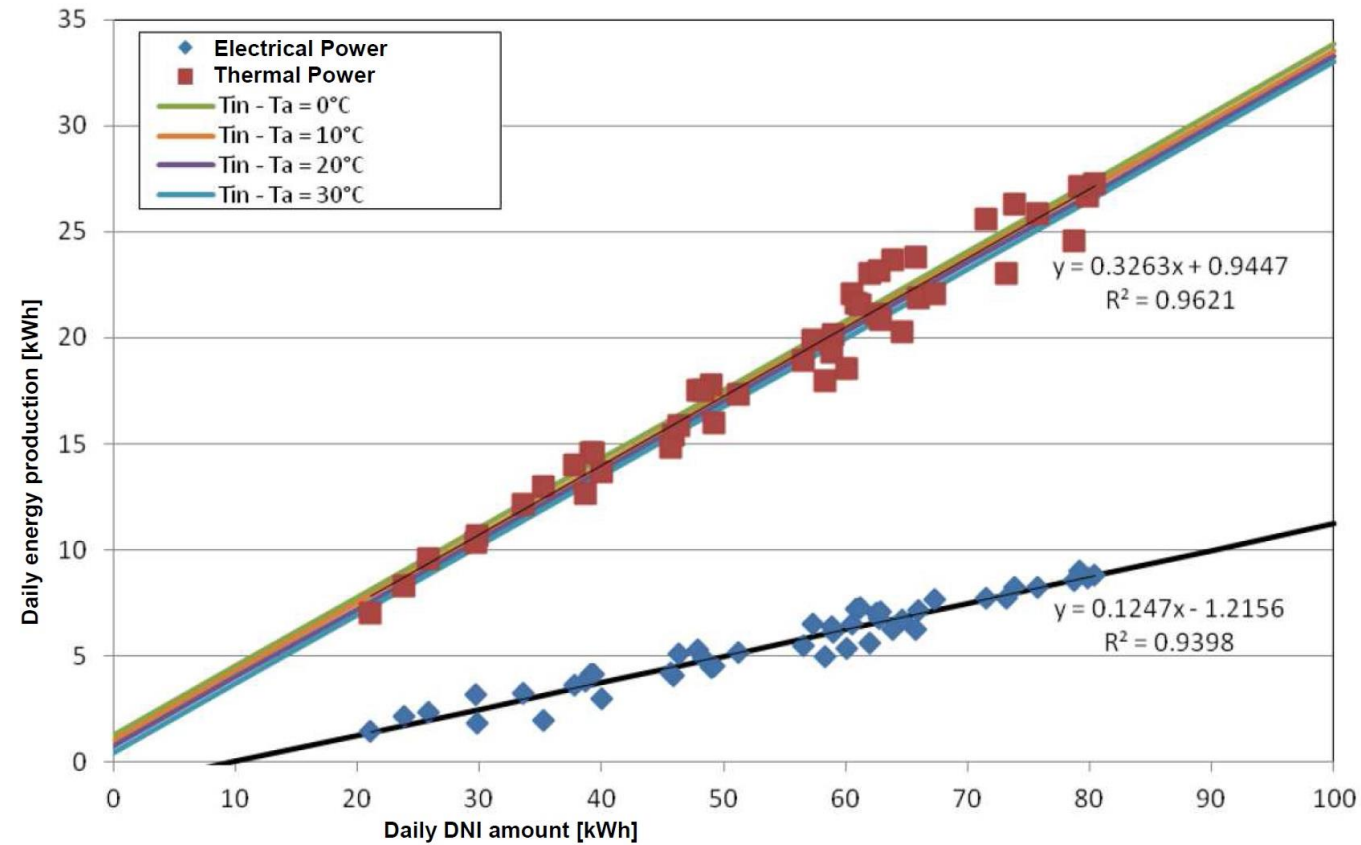
# Producción energética: supuesto 1



# Producción energética: supuesto 2

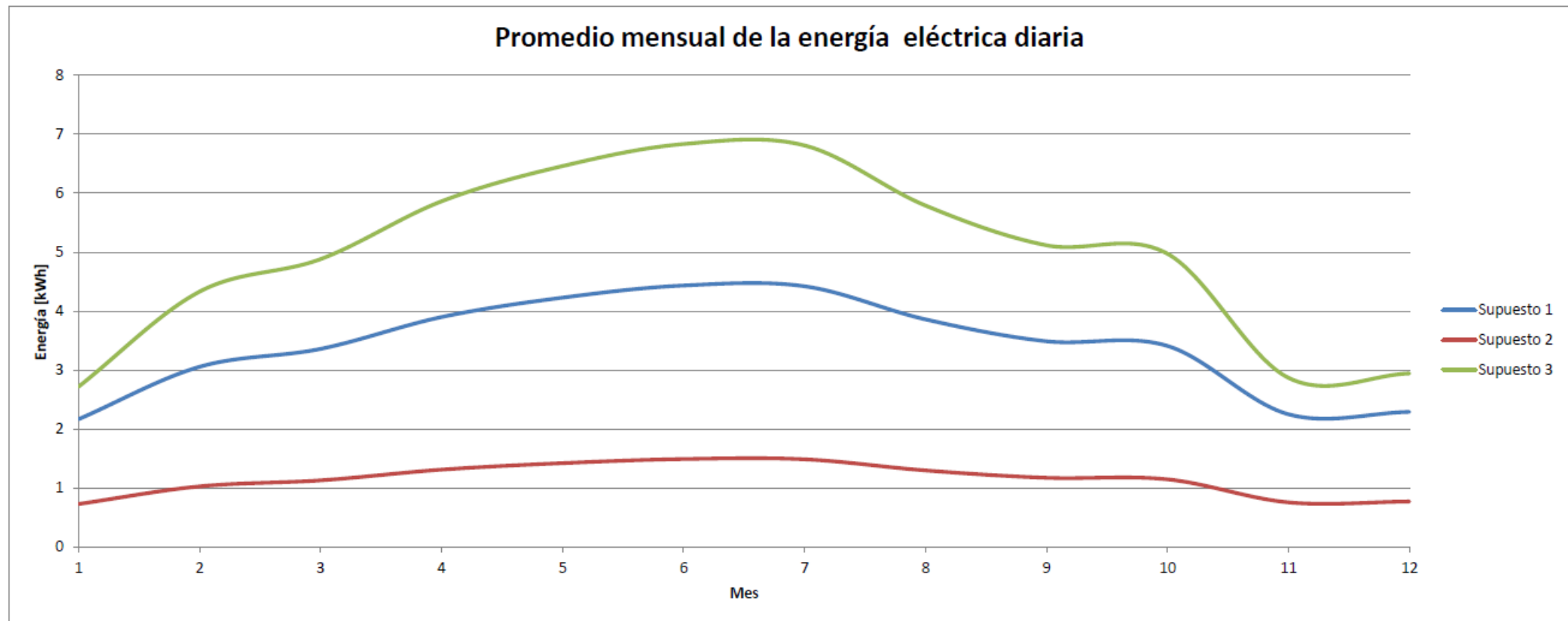


# Producción energética: supuesto 3

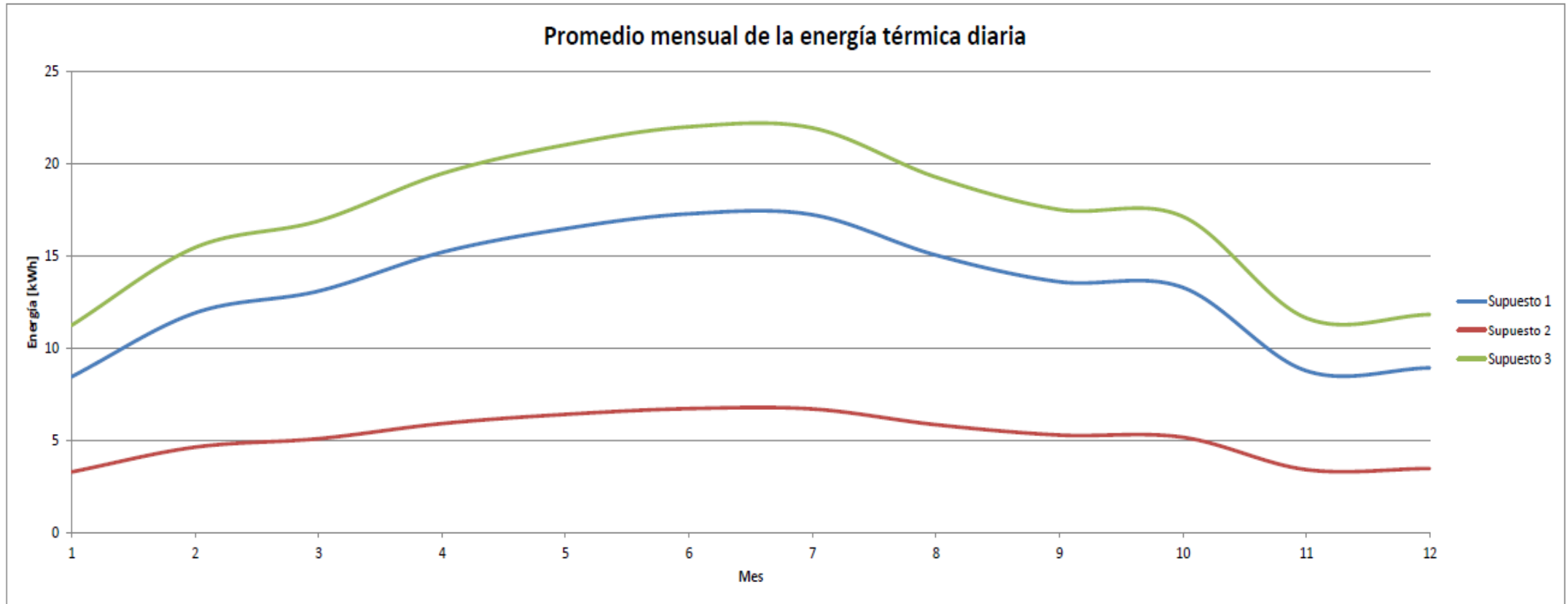




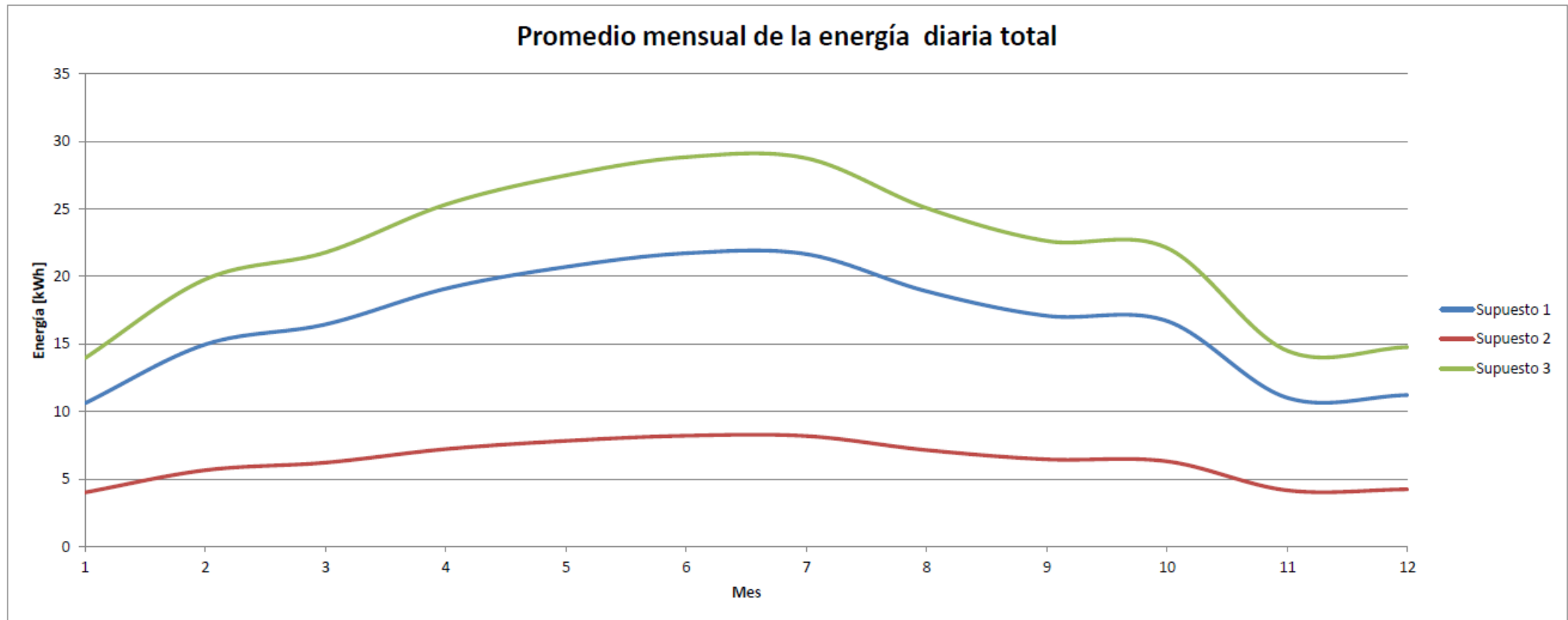
# Extrapolación anual: Producción eléctrica



# Extrapolación anual: Producción térmica



# Extrapolación anual: Producción total



# Análisis económico: Condiciones del estudio

---

Horizonte de inversión: 15 años

Inversión inicial de 43.580,01 euros

Mantenimiento:

- Mantenimiento inicial: 1089 euros
- Mantenimiento anual: 484 euros
- Sin sustitución de piezas

Precio de la energía:

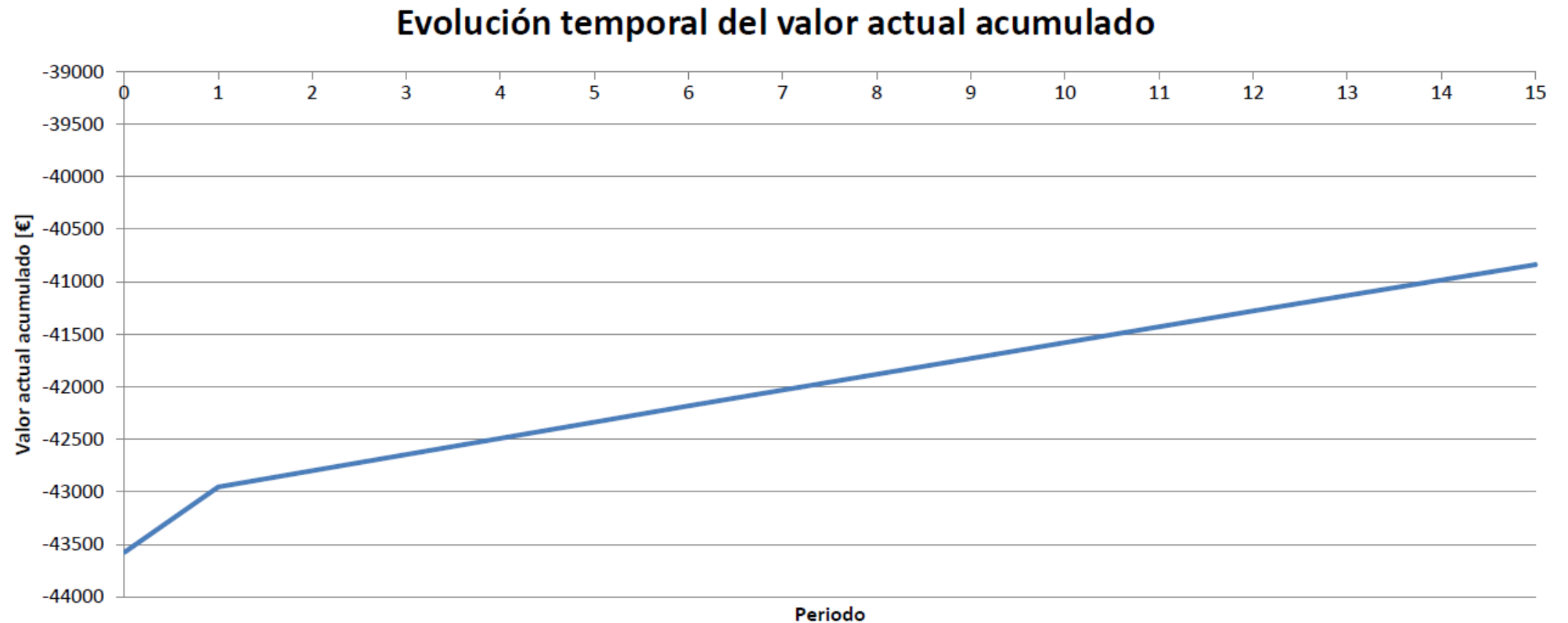
- Precio del kWh<sub>t</sub>: 0,1€/kWh
- Precio del kWh<sub>e</sub>: 0,115 €/kWh

Toda la potencia generada es consumida

# Análisis económico: Supuesto 1

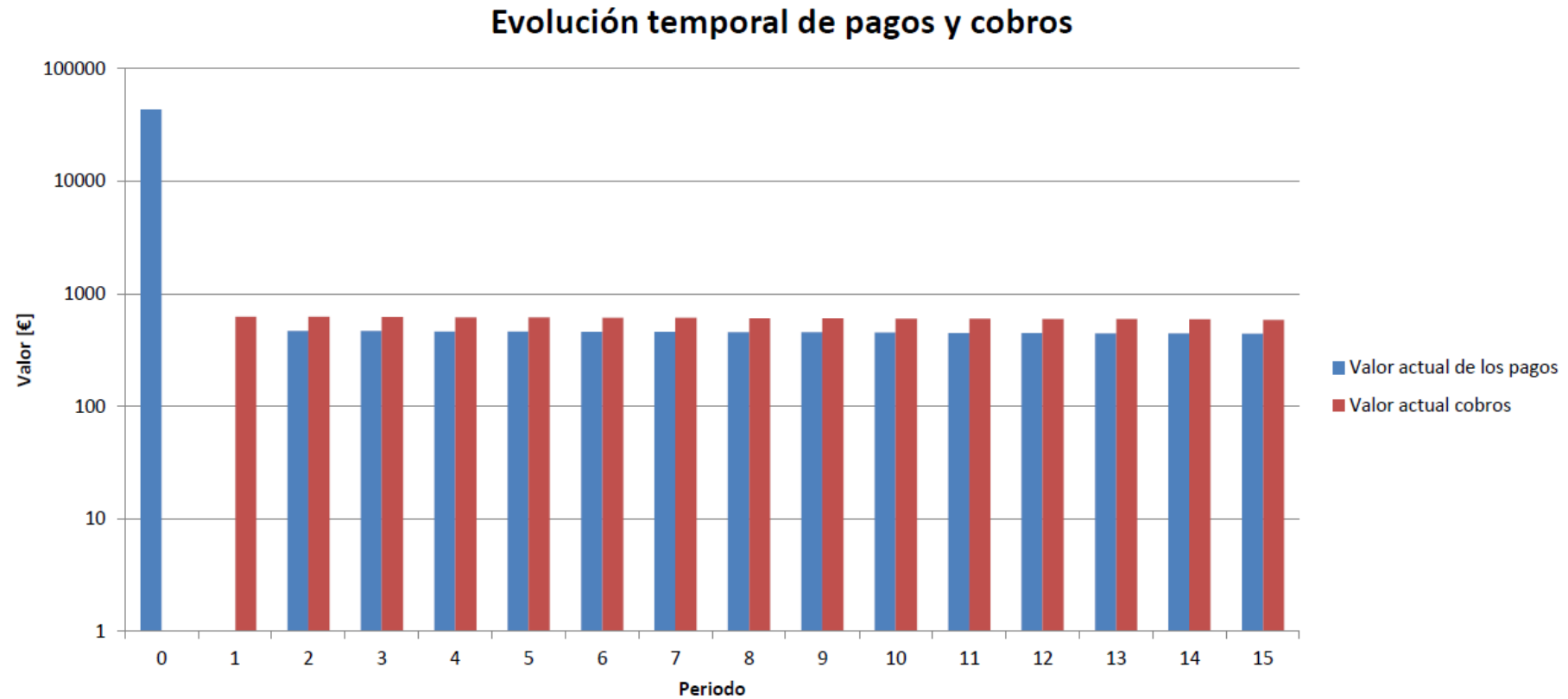
VAN: -40835,7172

TIR: -22%





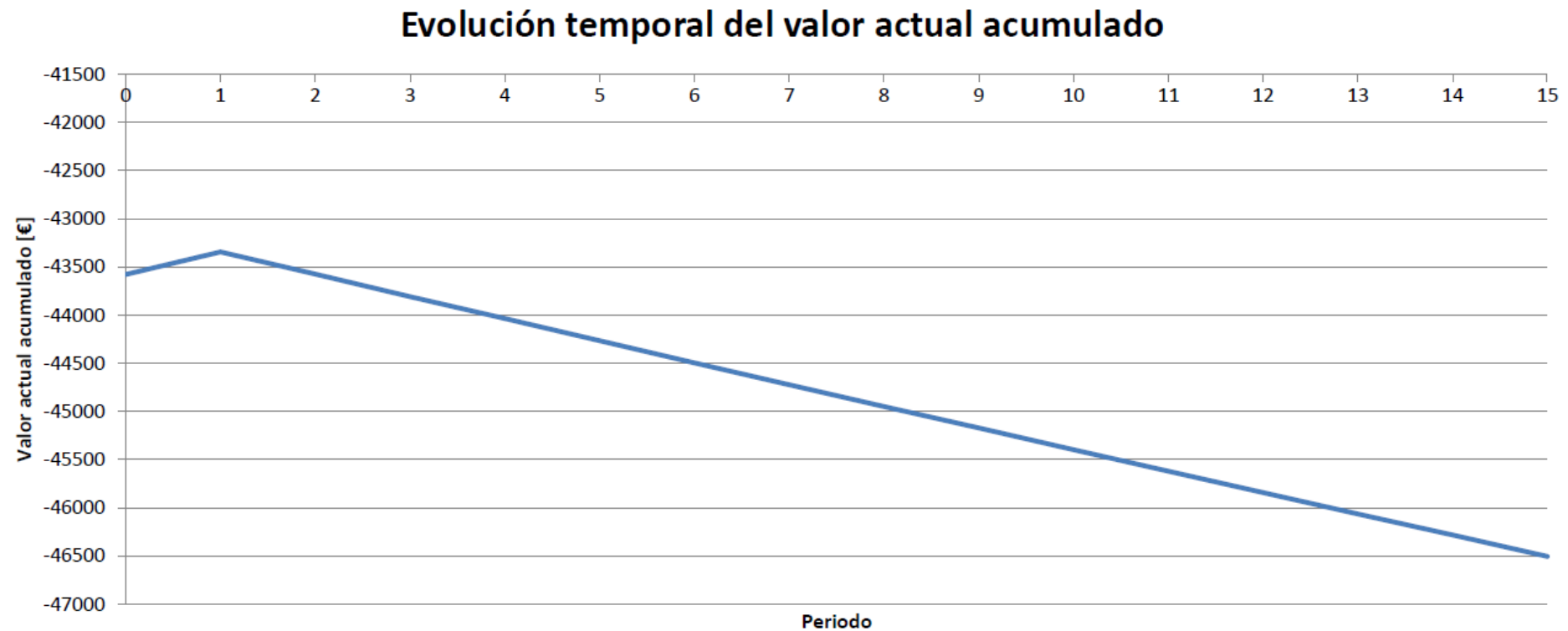
# Análisis económico: Supuesto 1



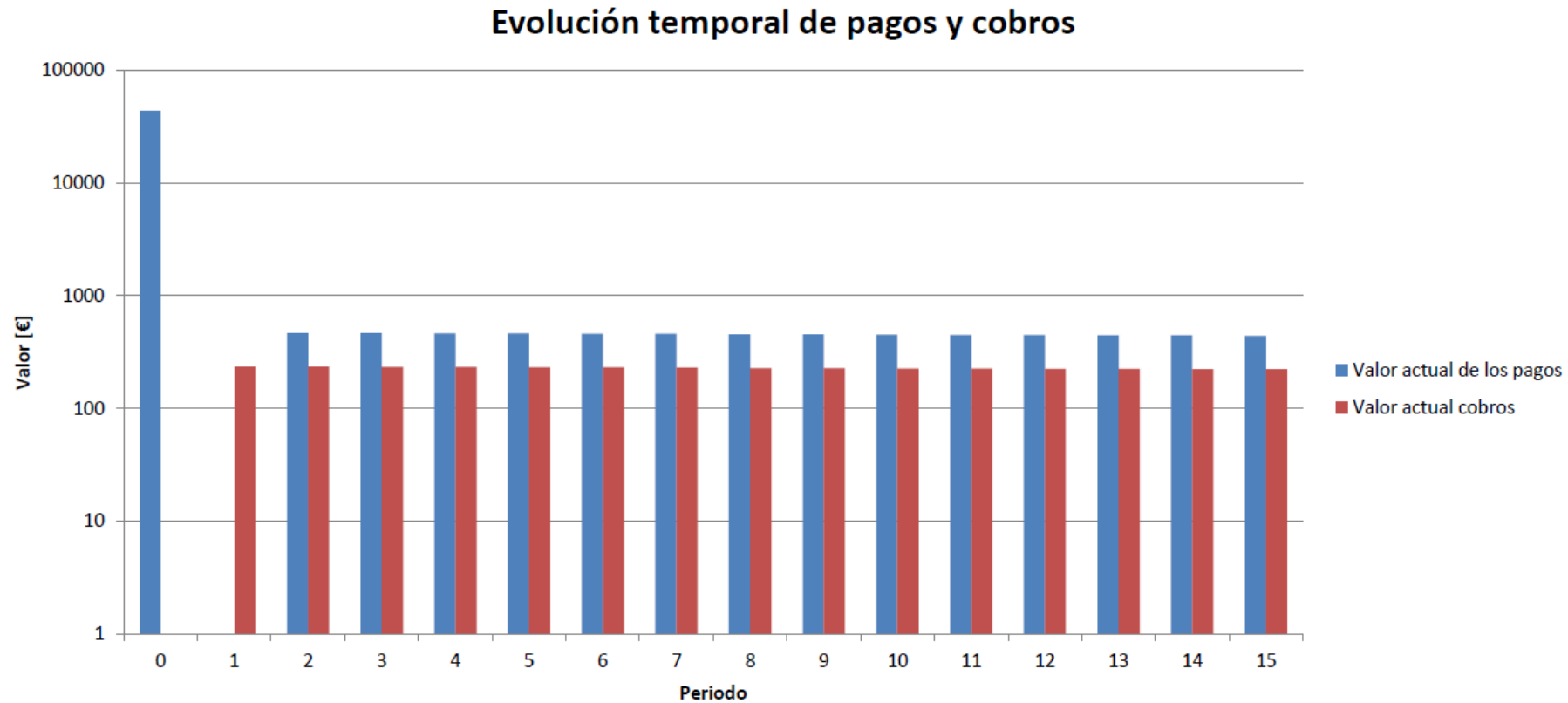
# Análisis económico: Supuesto 2

VAN: -46504,68702

TIR: No disponible



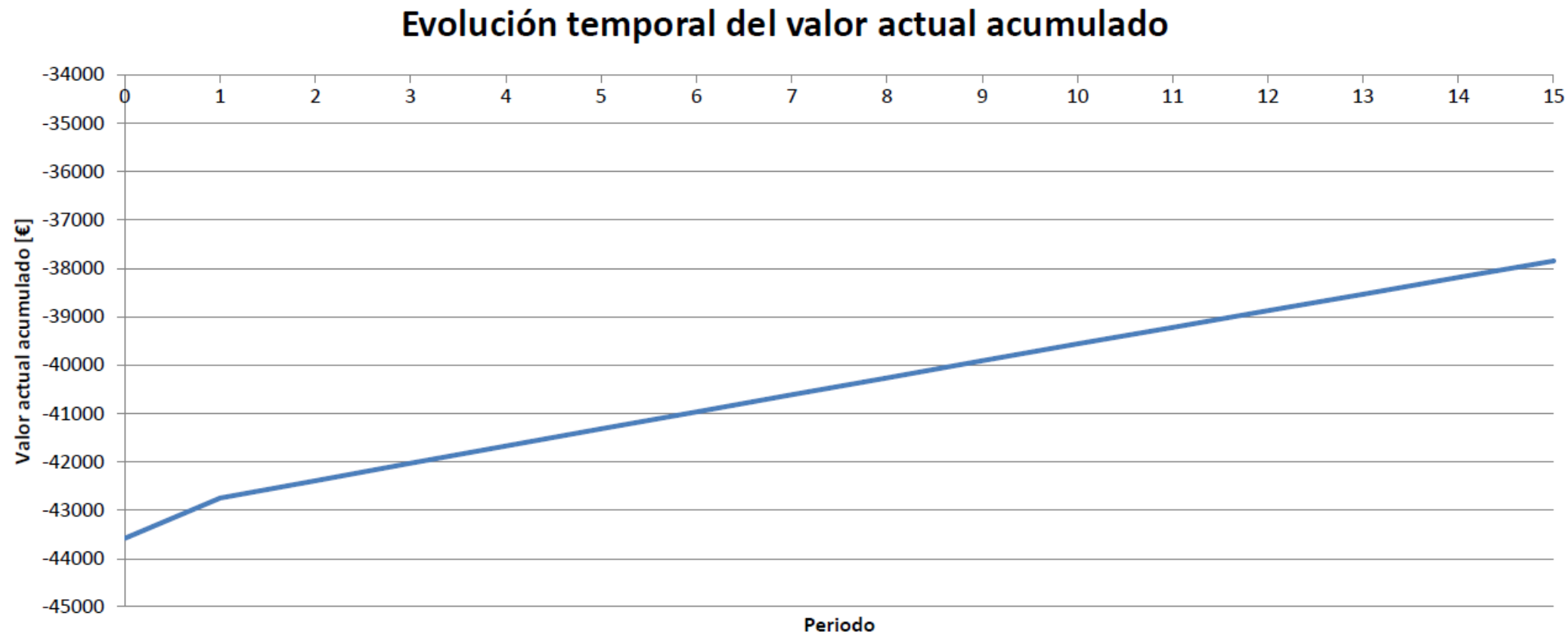
# Análisis económico: Supuesto 2



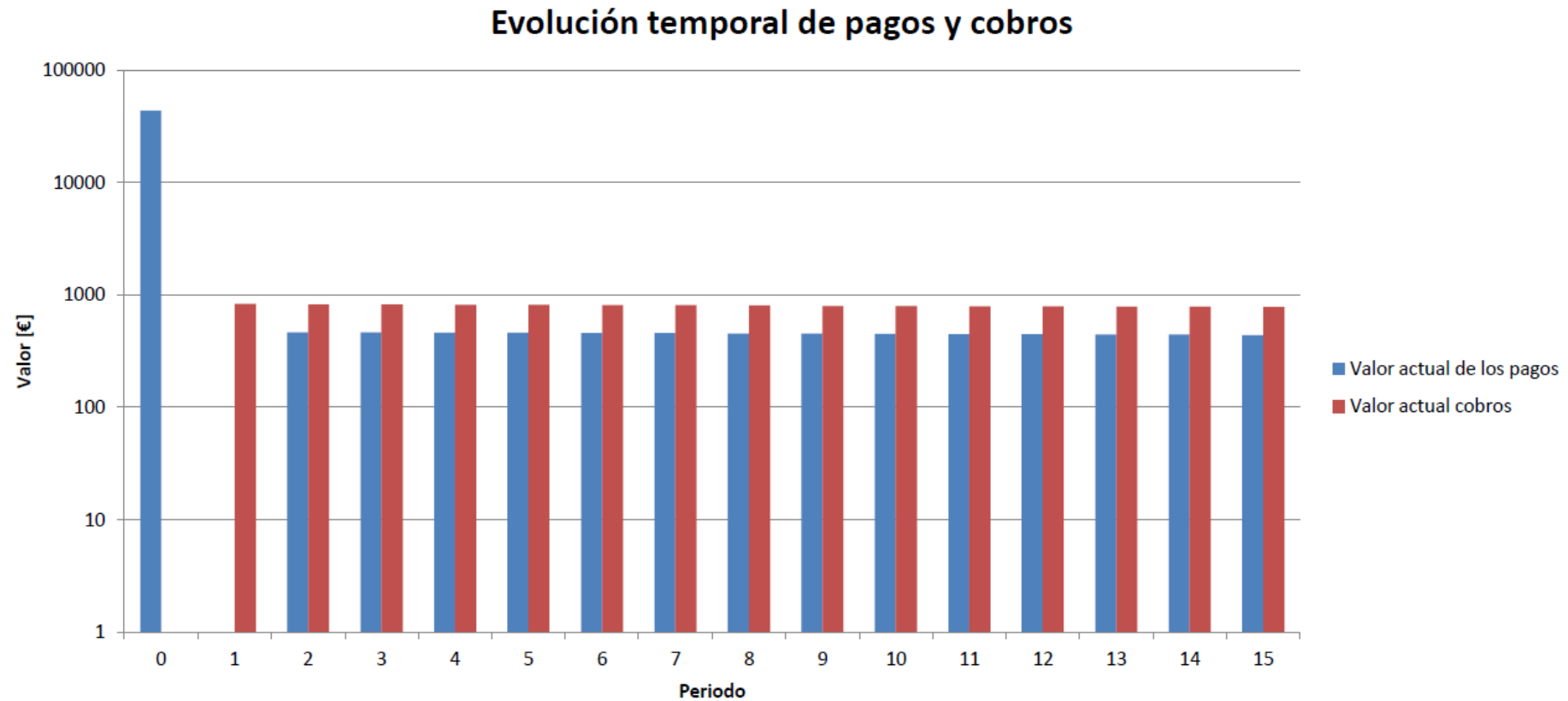
# Análisis económico: Supuesto 3

VAN: -37852,18462

TIR: -17%



# Análisis económico: Supuesto 3



# Conclusiones y predicciones de futuro

---

Tecnología prometedora

Los resultados explican las dificultades que se encuentra en el mercado

Coste demasiado elevado

Son necesarios más estudios

- Periodos de tiempo más largos
- Mediciones más precisas

---

Muchas gracias por su atención

