

# Rentabilidad de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento a gran escala para la generación distribuida en Costa Rica

Tesis de maestría - Presentación de resultados

Kevin Reimers



# Contenido



- Motivación
- Tecnologías de baterías
- Simulación
- Resultados
- Perspectivas

# Motivación



- Alto nivel de los costos de electricidad en Costa Rica
- Alto precio de la maxima demana  
→ Attractividad de baterías
- Es rentable para las empresas en Costa Rica el instalar sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía?
- Elaboración de un programa para la simulación de la rentabilidad de sistemas fotovoltaicos



Fuente: <http://www.sicecr.org>

# Tecnologías de baterías



## Las 4 tecnologías de baterías más aptas para la aplicación

- Iónes de litio: - 42.4 % impuestos
  - Batería de flujo: - 14.1 % impuestos
  - Plomo y ácido: - 1 % impuestos
  - Sal fundida: - 14.1 % impuestos
- Precios dependen de muchos factores
    - Necesario considerar casos individuales
  - Amplio rango de precios

Tabla 1: Precios considerando impuestos (Fuente: LAZARD)

Technology	Price [USD]
Batería de flujo	358- 1,218
Iónes de litio	503- 1,499
Sal fundida	628- 1,857
Plomo y ácido	706- 2,233

# Simulación de la rentabilidad



→ Cálculo de los flujos de cargas y costos vinculados cada 15 min por un año

## Simulación del rendimiento de la planta fotovoltaica

- Pronóstico del rendimiento con el programa “renewables.ninja”
- Uso de “renewable.ninja” para el cálculo de la inclinación y el ángulo de azimut óptimos
  - Azimut:  $160^\circ$
  - Inclinación:  $15^\circ$
- Aplicación de 3 escenarios (Bajo, Medio, Alto)

# Escenarios para los cálculos



- Ren.Ninj sobreestima la producción  
→ factor de corrección
- Contaminación y daño de la superficie
- Eficiencia del sistema
- Garantía del inversor: 10 años
- Aumento del precio de electricidad por altos gastos de ICE y otros operadores  
→ Cámara de Industrias: posible aumento hasta 25 % en los próximos años

Tabla 1: Determinación de escenarios

Escenario	Bajo	Medio	Alto
Factor de corrección	0.85	0.9	0.95
Decremento en el rendimiento [%]	0.5	0.3	0.1
Eficiencia inversor [%]	94	96	98
Eficiencia cableado [%]	97.5	98	98.5
Vida útil del inversor [a]	10	12	15
Incremento precio electricidad [%]	15	20	30

# Batería

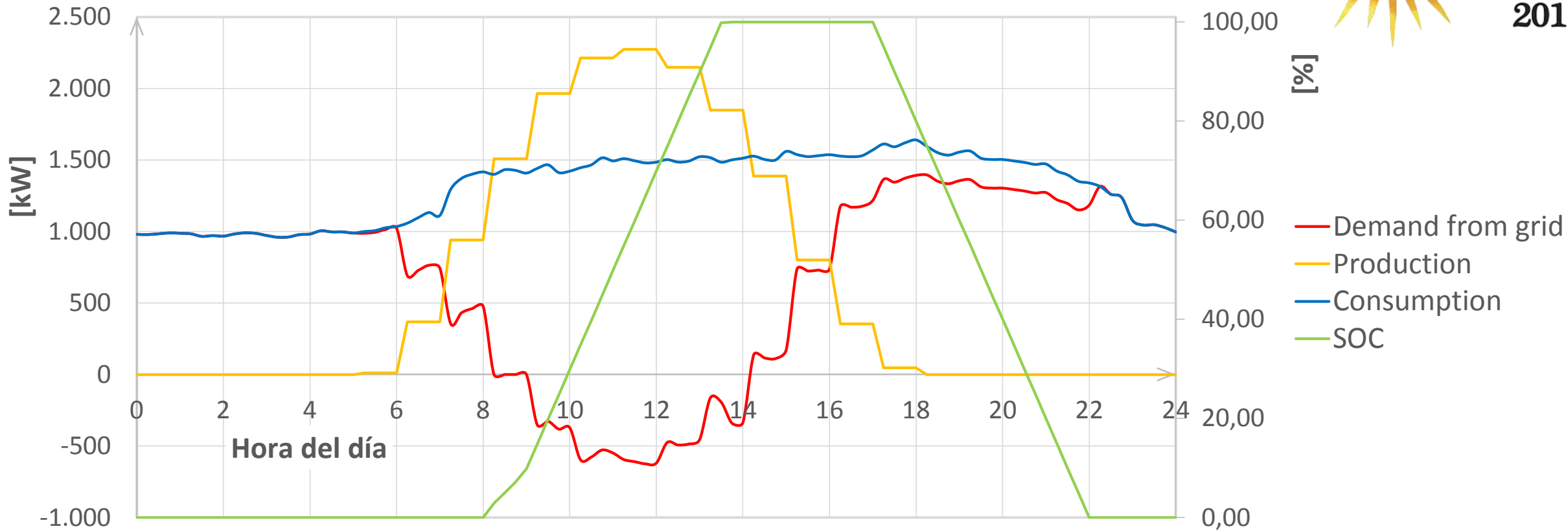


## Oferta de una batería

- Tecnología: Batería de flujo
- Proporción de energía almacenada a potencia entregada esta 5:1
- Vida útil: 3000 ciclos (corresponde a 8.2 años)
- Capacidad de retención después de 8 años: 70 %

CAPEX [USD/kWh]	508
Eficiencia [%]	83
Costos de reemplazo [%]	35
Vida útil [a]	8

# Flujos de cargas



Planta fotovoltaica de 5 MW con batería de 1 MWh para un hotel



# Cálculo de rentabilidad del sistema



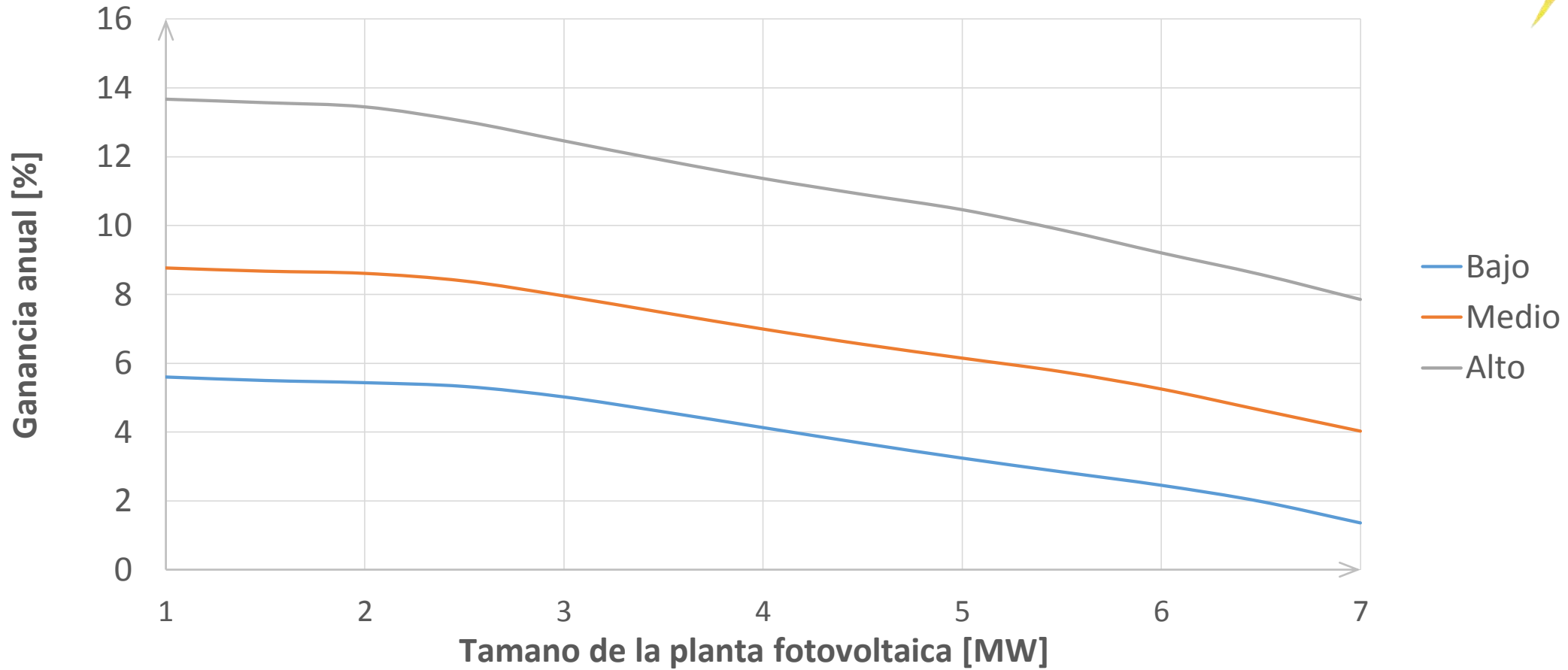
## Costos durante la operación

- O&M costs de la planta: 10 USD p.a.
- O&M costs de la batería: 4 USD p.a.
- Sustitución de la batería y los inversors

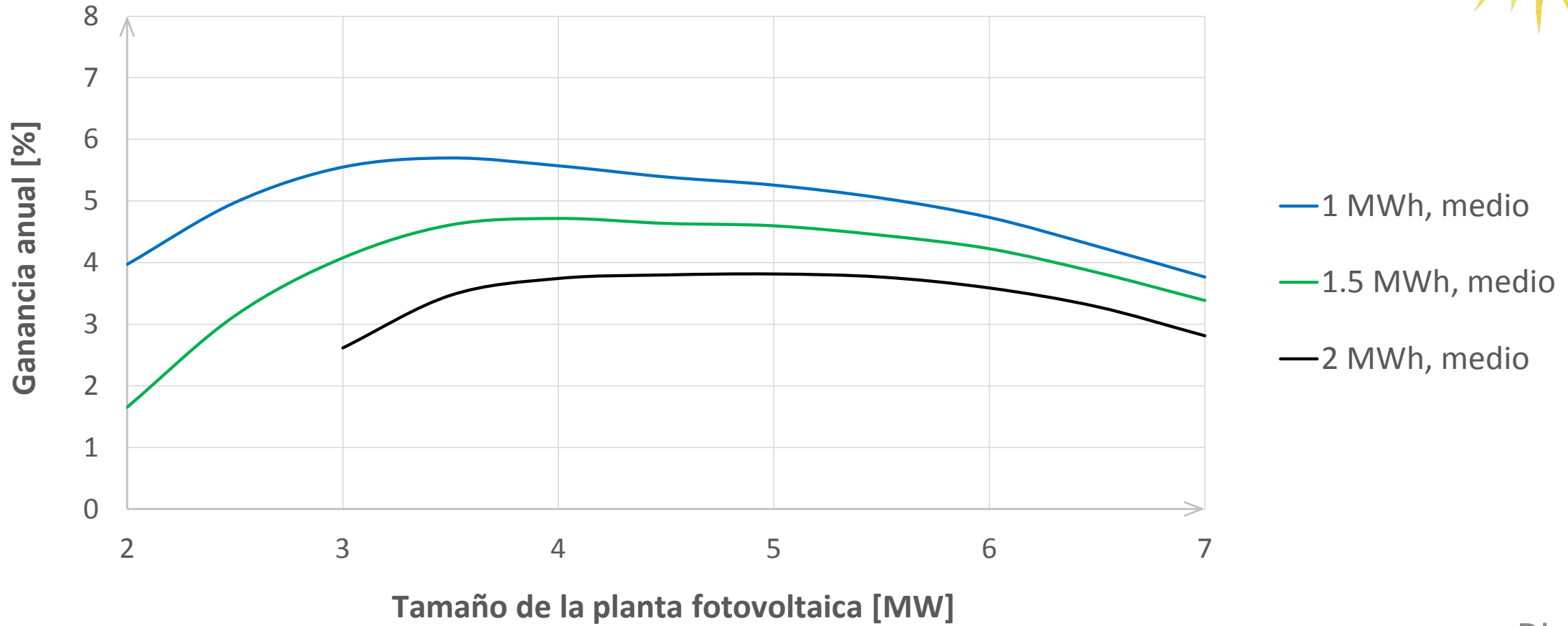
## Asumiendo que:

- Inflación de 3 % p.a.
- Costos de capital: 11 %
  - Cálculo del NPV (net present value) a 25 años y cálculo de ganancias anuales

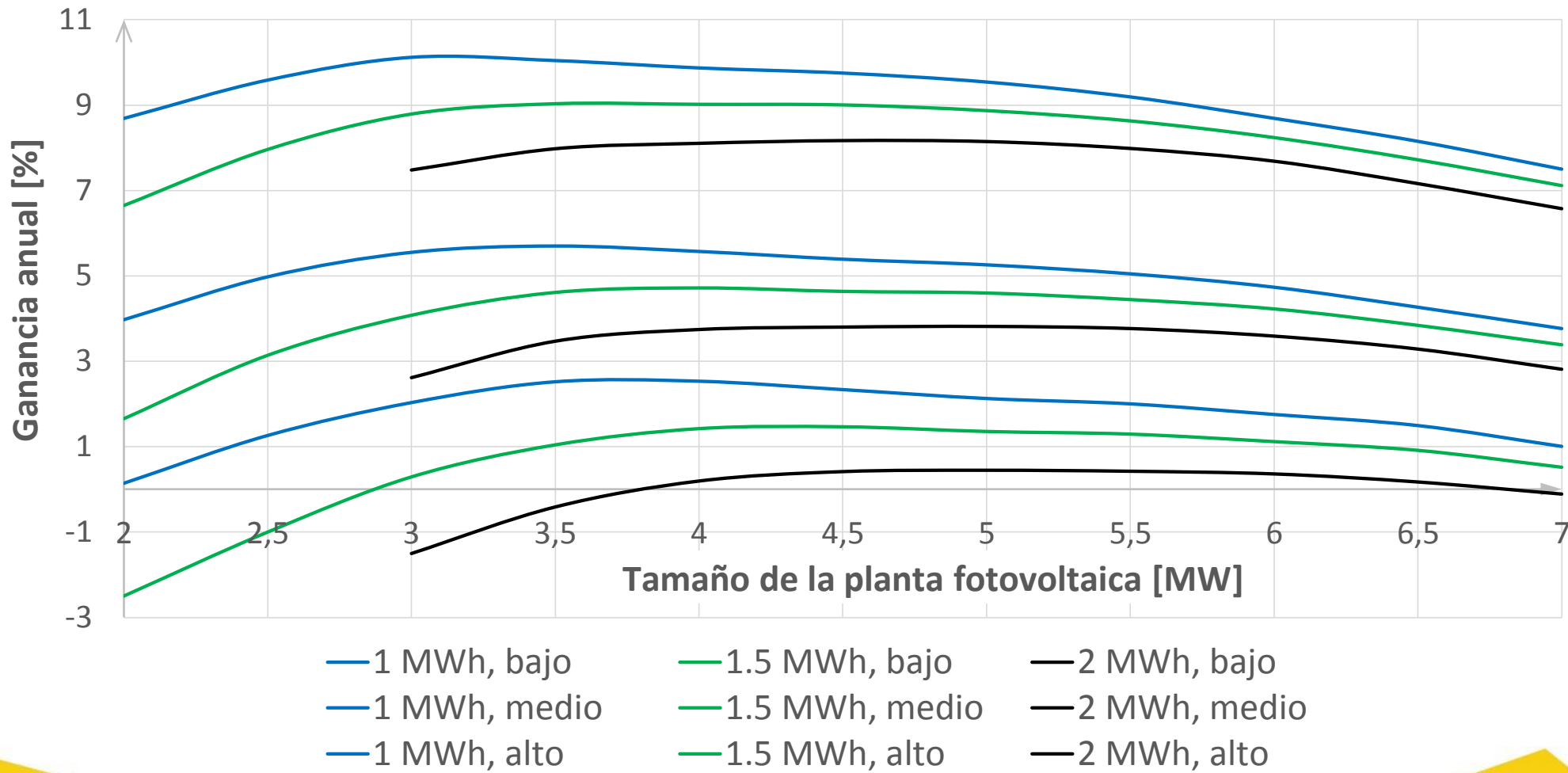
# Resultados- Caso de estudio



## Caso de estudio: Diferentes tamaños de almacenamiento



## Caso de estudio: Diferentes tamaños de almacenamiento

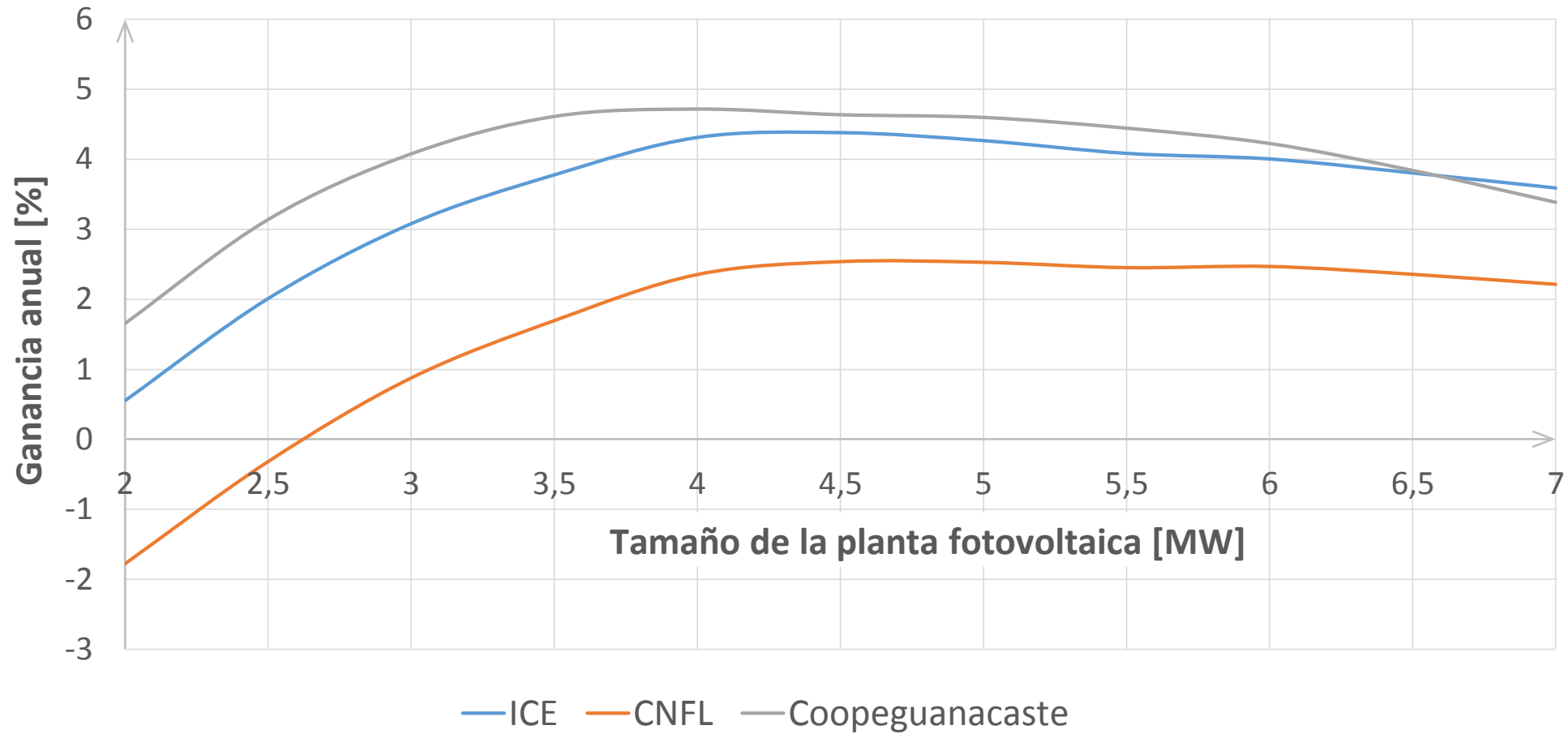


## Caso de estudio- Net Present Value

- Planta fotovolta.: 3.5 MW
- Batería: 1.5 MWh
- Escenario: Medio
- Ganancia: 4.6 % p.a.



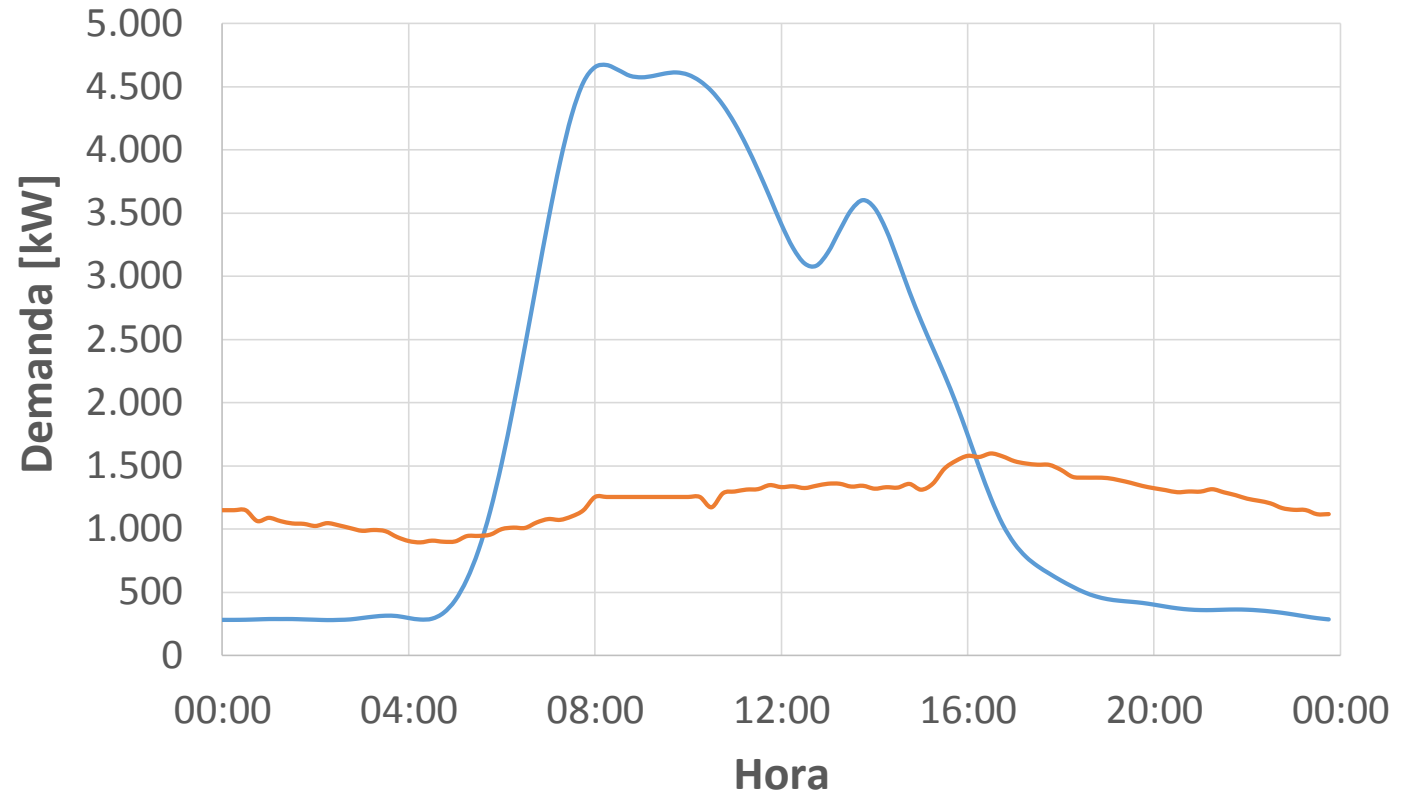
## Escenario medio: 1.5 MWh almacenamiento



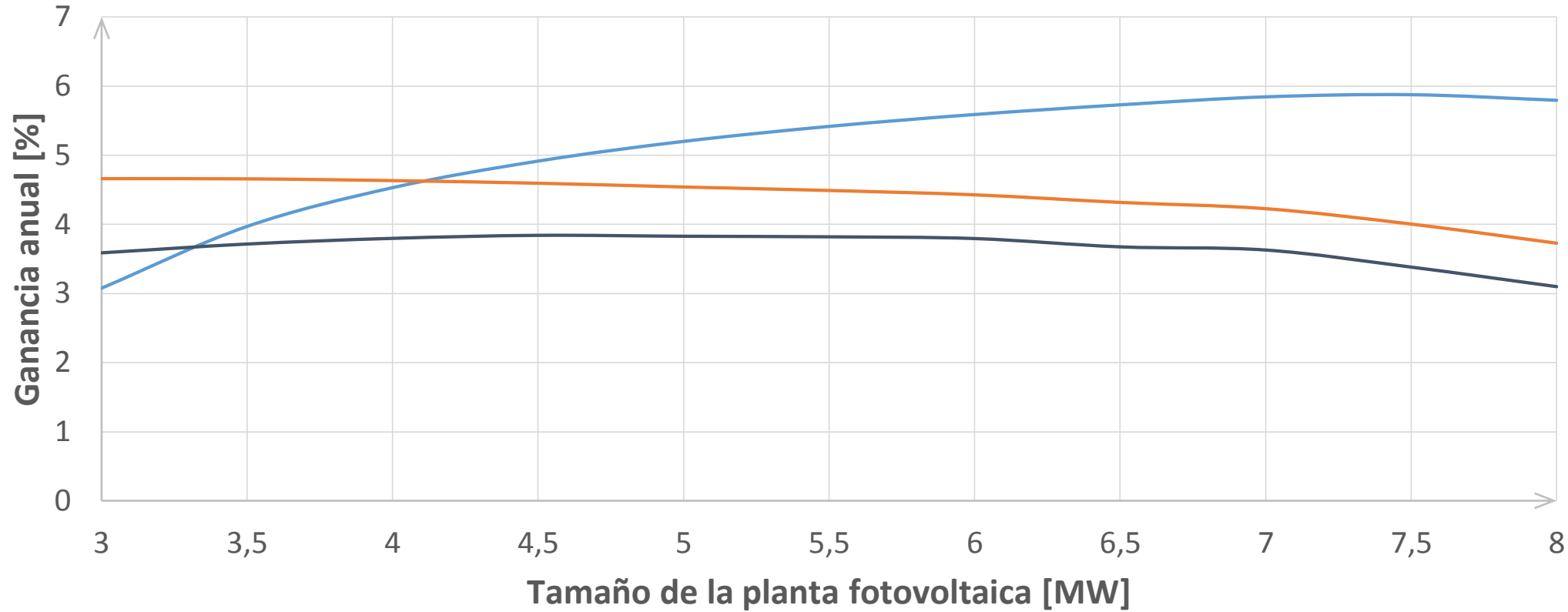
## Simulacion con diferente perfil de carga



- Rentabilidad del sistema fotovoltaica depende al perfil de carga



## Escenario: SLP, medio, 1.5 MWh almacenamiento



— Coopeguanacaste, T-IN    — Coopeguanacaste, T-MT    — ICE, T-MT



# Perspectivas



## Seguridad del abastecimiento y calidad de la energía eléctrica

- Reducción de costos para generadores
- Menos estrés para dispositivos electrónicos

## Servicios de red

- Uso de los inversores, la batería y la planta fotovoltaica para mejorar la calidad de la energía energética
- Marco legal necesario



**Muchas gracias!**