# EIE



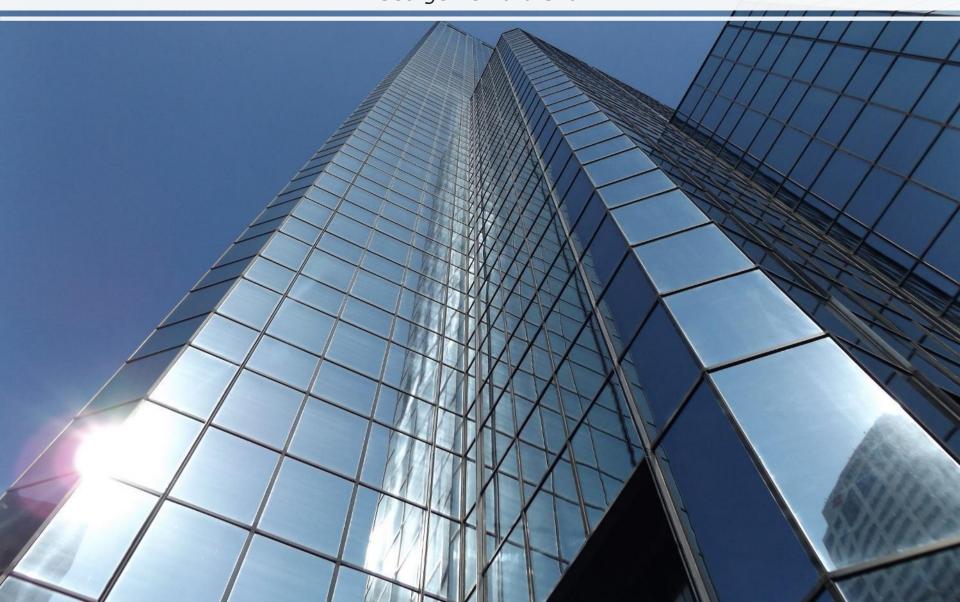
Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

### Perspectivas del almacenamiento de energía para Costa Rica

Ing. José David Rojas, Ph.D. Universidad de Costa Rica

El progreso es imposible sin cambio, y aquellos que no pueden cambiar sus mentes no pueden cambiar nada.

-George Bernard Shaw





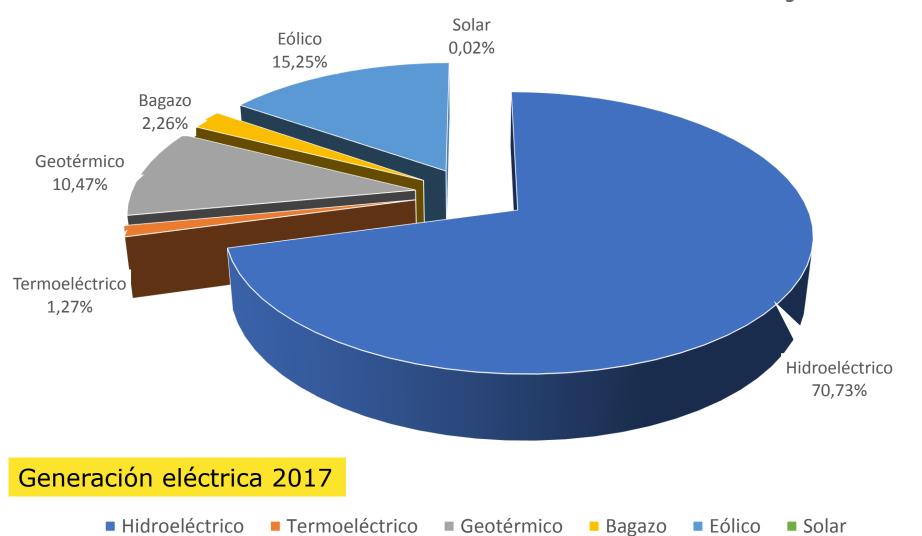




Nuevas tecnologías, nuevos retos

### Introducción





# Estudio sobre Viabilidad de Opciones

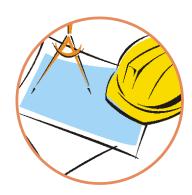
EIE

Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 



para Almacenamiento de Energía

Recopilar información de las opciones de almacenamiento



Definir indicadores de viabilidad que permitan determinar el tipo de almacenamiento de mayor potencial en el país



Diseñar el perfil de los proyectos

## Alcance del proyecto



Ingeniería Eléctrica

Estudio sobre la viabilidad de opciones para el almacenamiento de energía desde la perspectiva de la oferta (en las etapas de generación, transmisión y distribución).



### **Justificación**



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 





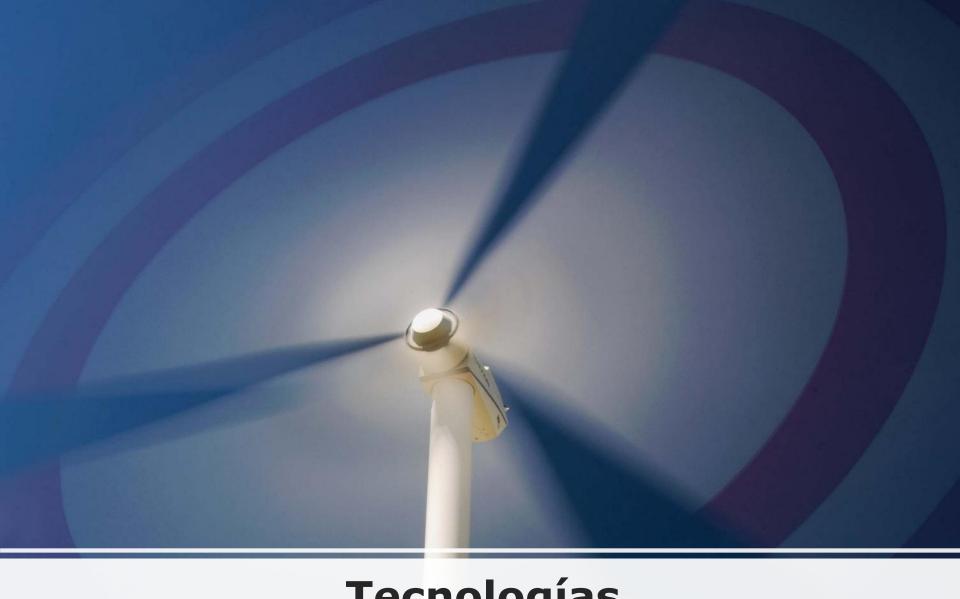


Eje: "En la senda de la eficiencia energética"

OE 1.4.4: Evaluar las posibilidades de almacenamiento de energía

La acción a corto plazo indica:

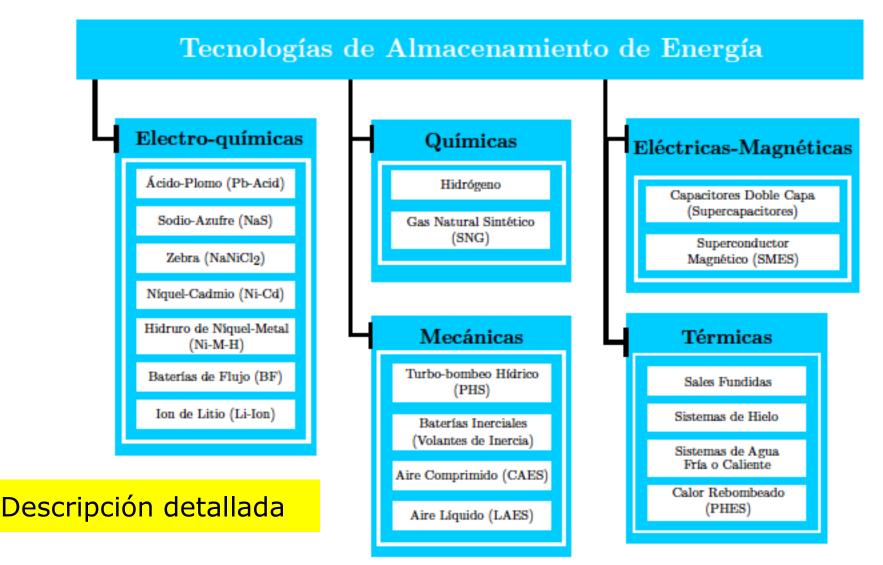
"Elaborar un estudio sobre viabilidad de opciones para el almacenamiento de energía que señale prioridades de investigación"



Tecnologías

## Tecnologías de almacenamiento





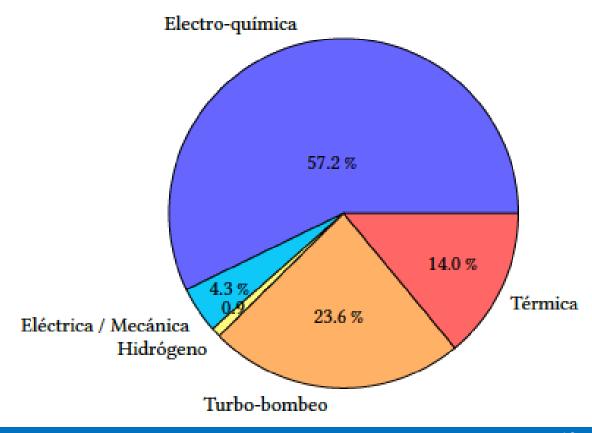
### Clasificación almacenamiento



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

- El DOE clasifica los proyectos de almacenamiento de energía en las siguientes categorías:
  - Electro-química.
  - Eléctrica / Mecánica.
  - Química.
  - Turbo-bombeo.
  - Térmica.

#### Total de 1407 proyectos

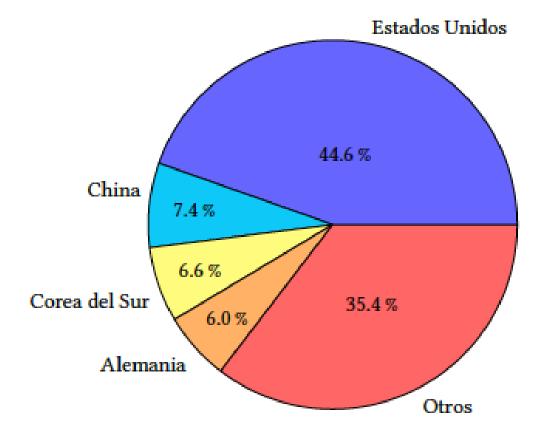


# Clasificación: Electro-química



- El DOE clasifica los proyectos de almacenamiento de energía en las siguientes categorías:
  - Electro-química.
  - Eléctrica / Mecánica.
  - Químicas.
  - Turbo-bombeo.
  - Térmica.

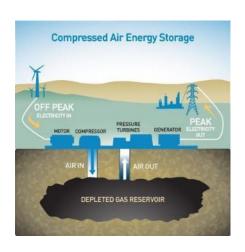


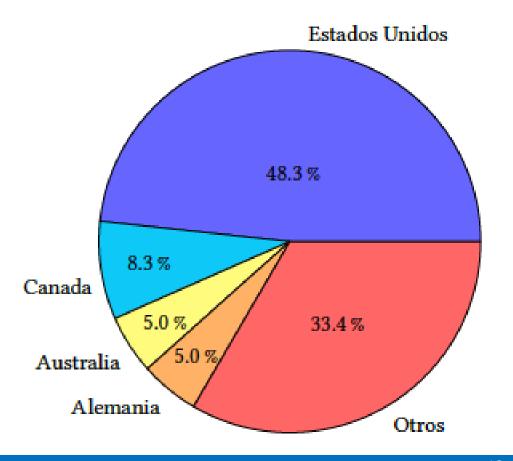


## Clasificación: Eléctrica / Mecánica



- El DOE clasifica los proyectos de almacenamiento de energía en las siguientes categorías:
  - Electro-química.
  - Eléctrica / Mecánica.
  - Química.
  - Turbo-bombeo.
  - Térmica.

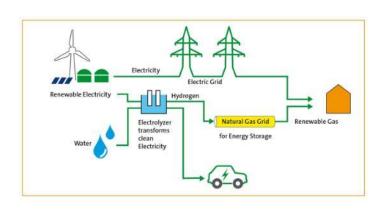


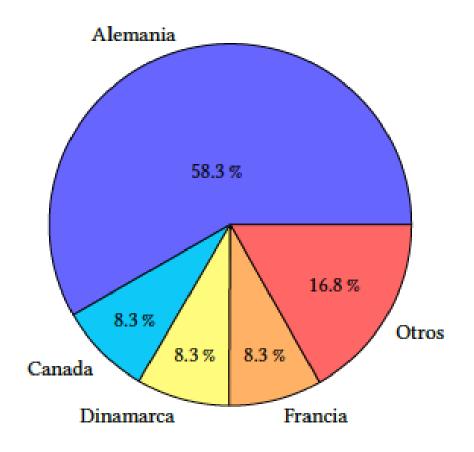


# Clasificación: Hidrógeno



- El DOE clasifica los proyectos de almacenamiento de energía en las siguientes categorías:
  - Electro-química.
  - Eléctrica / Mecánica.
  - Químicas.
  - Turbo-bombeo.
  - Térmica.



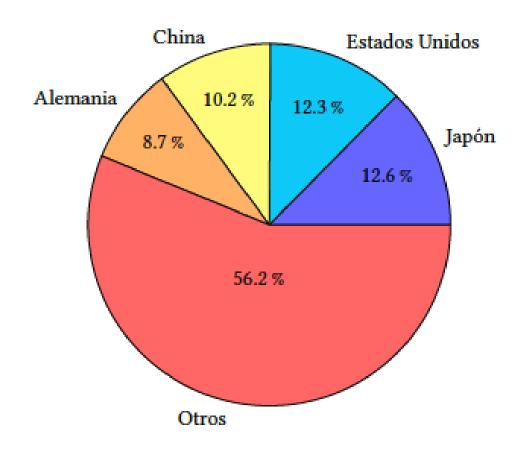


### Clasificación: Turbo-bombeo



- El DOE clasifica los proyectos de almacenamiento de energía en las siguientes categorías:
  - Electro-química.
  - Eléctrica / Mecánica.
  - Química.
  - Turbo-bombeo.
  - Térmica.

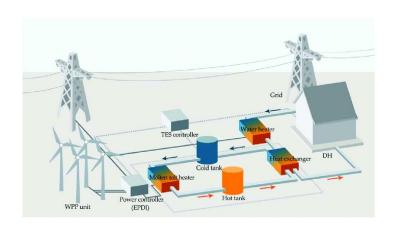


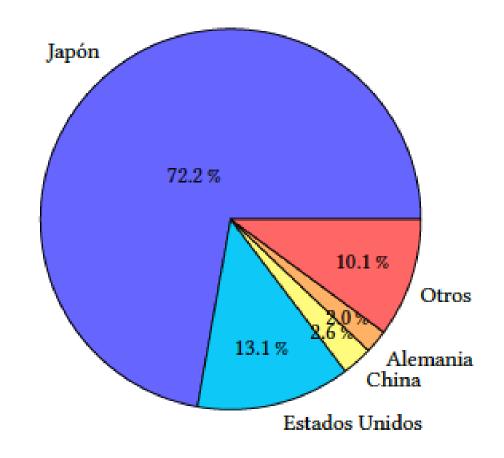


### Clasificación: Térmica



- El DOE clasifica los proyectos de almacenamiento de energía en las siguientes categorías:
  - Electro-química.
  - Eléctrica / Mecánica.
  - Química.
  - Turbo-bombeo.
  - Térmica.

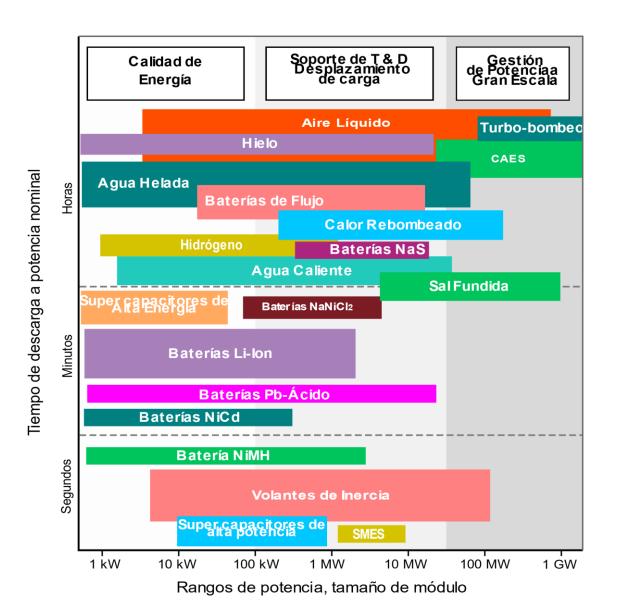




### Rangos de potencia y aplicaciones



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 



Describe los rangos
de potencia y
aplicaciones que
pueden tener las
tecnologías de
almacenamiento en
el SEP

# **Aplicaciones por etapa**

# **EIE**

Generación (Servicios al sistema)	Servicios auxiliares	Trasmisión	Distribución	Usuarios finales	
Arbitraje	Control de frecuencia primario	Aplazamiento de la inversión	Satisfacción de la demanda	Aplanamiento del "pico" de demanda	
Provisión de capacidad	Control de frecuencia secundario	Estabilidad angular	Contribución ante contingencia	Gestión de la energía ante costos variables	
Capacidad a plantas convencionales	Control de frecuencia terciario	Respaldo al sistema de transmisión	Aplazamiento de la inversión	Calidad de la energía	
Servicios auxiliares para integración de renovables	Estabilidad de frecuencia		Calidad de la distribución	Maximización de producción y consumo propio	
Afianzamiento de la capacidad	Arranque negro		Control dinámico, local de tensión	Gestión de la demanda	
Minimización de energía recortada	Respaldo de tensión	•	Aislamiento intencional	Continuidad del servicio	
Limitación de disturbios	Servicios auxiliares nuevos		Limitación de disturbios	Limitación de disturbios al sistema de distribución	
David			Compensación de potencia reactiva	Compensación de potencia reactiva	
the state of the s	e detalla olicación	·		Integración de vehículos eléctricos	



### Indicadores de viabilidad



- Indicadores técnicos
  - Extraídos de normas, códigos, y estándares
- Indicadores económicos
  - Típicos en economía (VAN, TIR, TRI) y específicos de almacenamiento (LCOE, LCOS)
- Indicadores ambientales
  - Extraídos de la regulación ambiental nacional (SETENA)
- Indicadores regulatorios
  - Cumplimiento del marco regulatorio (Ley 7794, 4240, 7779, 833)
- Indicadores sociales
  - Impacto en la sociedad (oportunidad de empleo, riesgos durante y después de construcción, etc.)

### Metodología propuesta

EIE

Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

- Descartar tecnologías con poca madurez
- Identificar si la tecnología se puede utilizar en CR

 Valorar la viabilidad técnica de la tecnología tomando en cuenta las normas, códigos y estándares  Estimar la viabilidad económica y financiera del proyecto de almacenamiento

 Asegurar el cumplimiento de la regulación ambiental y legal del país

Incluyendo procedimiento/escenario para estimar ganancias

# **Uso de la herramienta Evaluación de viabilidad Financiera**



Análisis económico de los pro	yectos de almacenar
Ingrese los datos del proyecto a evaluar Datos del proyecto de almacenamiento	
Tipo de tecnología	lon de litio
Capacidad de potecia a instalar, kW	166.000,00
Capacidad de energía a instalar, kWh	830.000,00
Factor de almacenamiento (solo para distribución)	-
Insertar datos automáticamente	
Datos tecno-económicos del sistema de almacenamiento con la tecnología escogio	da
Costo por energía, ¢/kWh	
Costo por potencia, ¢/kW  O&M / OPEX, ¢/kW-año	
O&M / OPEX, \$\pi/kW-ano Eficiencia	
Tiempo de vida, años	
Porcentaje de balance de planta	
Porcentaje de valor residual	
Calcule los costos y ganancias del almacenmiento de energía  Calcular costos y ganandas automáticamente	
Ganancias esperadas por servicios de energía y potencia, C/año	
Inversión inicial almacenamiento (CAPEX), 🕻	
Operación y mantenimiento (OPEX) , ¢/año	
Inversión en balance de planta (BOP), 🕻	
Valor de recuperación , 🕻	<u> </u>
Inserte la tasa de descuento	
Datos económicos	
Tasa de descuento / inflación	4,50%
Tasa de aumento del precio de la electricidad	8,00%
Tasa de corte	6,00%
Calcule los indicadores al presionar el botón	
Calcular Indicadores	
Indicadores económicos	
Valor actual neto (VAN), <b>¢</b>	
Tasa interna de Retorno (TIR)	
Periodo de recuperación	

### Uso de la herramienta Etapa Generación





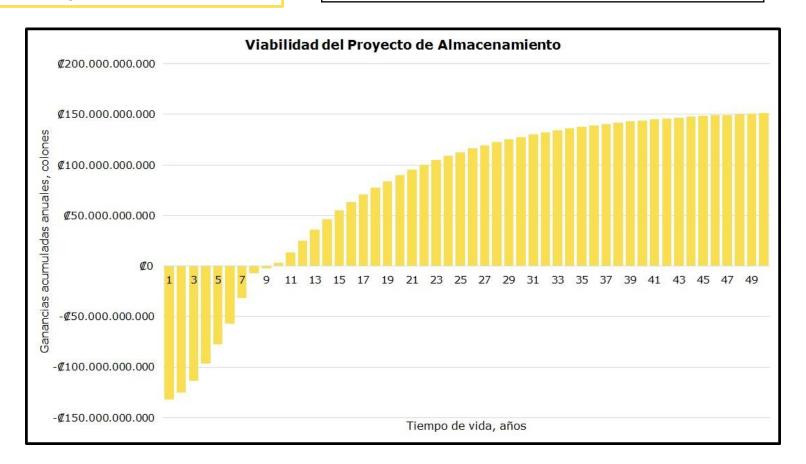
Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

Potencia instalada: 166MW (P.H. Angostura)

Horas de operación: 5 h

Tecnología: Turbo-bombeo

Indicadores económicos				
Valor actual neto (VAN),  ₡	151.115.521.638,38			
Tasa interna de Retorno (TIR)	18,53%			
Periodo de recuperación	9 años y 5 meses			



### Uso de la herramienta Etapa Generación





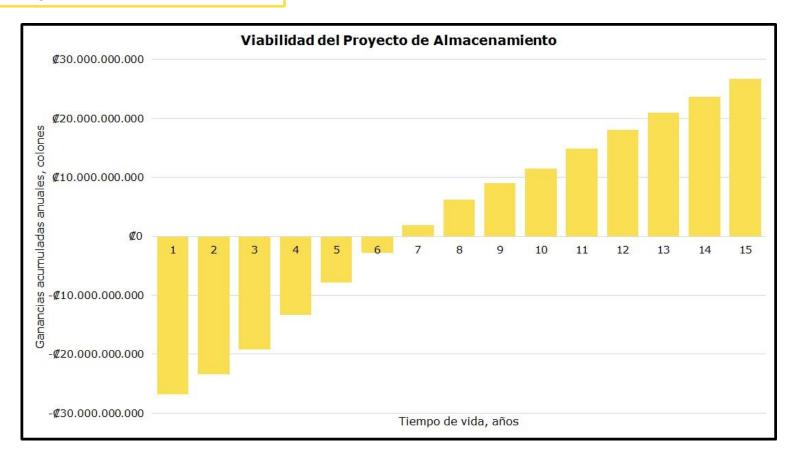
Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

Potencia instalada: 30 MW (Proyecto eólico/solar)

Horas de operación: 5 h

Tecnología: Baterías Ácido-Plomo

Indicadores económicos			
Valor actual neto (VAN),			
Tasa interna de Retorno (TIR) 21,97%			
6 años y 8 meses			



### Uso de la herramienta Etapa Distribución





Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

Potencia instalada: 5 MW (Proyecto eólico/solar)

Horas de operación: 5 h

Tecnología: Baterías de Flujo

Indicadores económicos				
Valor actual neto (VAN),	1.311.456.756,32			
Tasa interna de Retorno (TIR) 13,34%				
Periodo de recuperación	15 años y 6 meses			



### Uso de la herramienta Etapa Distribución

2



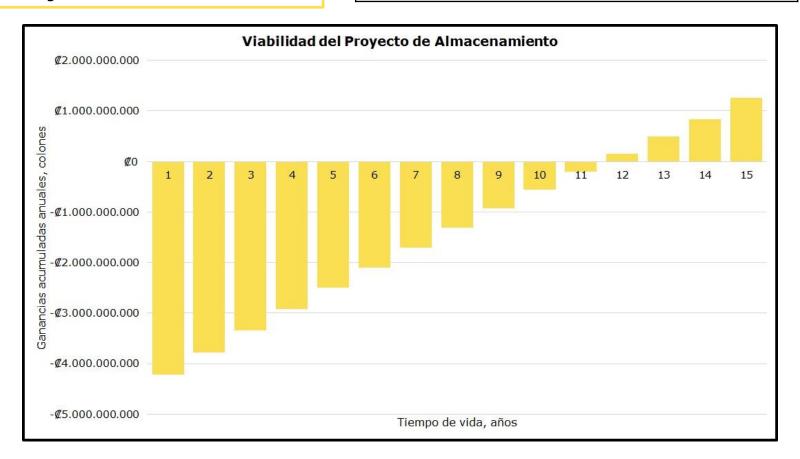
Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

Potencia instalada: 5 MW (Proyecto eólico/solar)

Horas de operación: 5 h

Tecnología: Baterías Iones de Litio

Indicadores económicos				
Valor actual neto (VAN),   ¢	1.254.984.064,39			
Tasa interna de Retorno (TIR)	14,40%			
Periodo de recuperación	11 años y 7 meses			



## **Ejemplo resultados (Generación)**



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

Caso G1: Potencia de 20 000kW Caso G6

Caso G6: Potencia de 166 000kW

Caso G2: Potencia de 30 000kW

Caso G7: Potencia de 174 000kW

Caso G3: Potencia de 40 000kW

Caso G8: Potencia de 180 000kW

Caso G4: Potencia de 140 000kW

Caso G9: Potencia de 306 000kW

Caso G5: Potencia de 159 000kW

Casos	Tecnología					_					
	BAP	BSA	BSC	BNC	BHM	BF	BIL	TB	VI	AC	
Caso G1	✓					✓	✓				'
Caso G2	✓					✓	✓				-
Caso G3	✓					✓	✓				
Caso G4	✓					✓	✓	✓			-
Caso G5	✓					✓	✓	✓			
Caso G6	✓					✓	✓	✓			-
Caso G7	✓					✓	✓	✓			
Caso G8	✓					✓	✓	✓			-
Caso G9							✓	✓			

#### Estudio de sensibilidad

- Tiempo de descarga
- Tasa de inflación
- Tasa de corte
- Crecimiento demanda

## Perfil del proyecto: Generación



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

- Perfil 1: Conexión a un parque eólico o solar
  - Usar Baterías de Ácido-Plomo, Baterías de Flujo y, Baterías de Ion de Litio.

Tecnología	VAN	TIR	TRI
Ácido-Plomo	26.719.668.686	21,97 %	6,61
Baterías de Flujo	33.805.453.224	21,51 %	7,15
Baterías de Ion de Litio	28.683.152.652	23,42 %	6,18

Proyecto 30 MW

## Perfil del proyecto: Generación



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

- Perfil 2: Conexión a un proyecto hidroeléctrico
  - Usar Baterías de Ácido-Plomo, Baterías de Flujo, Baterías de Ion de Litio, y Turbo-bombeo.

Tecnología	VAN	TIR	TRI
Ácido-Plomo	25.623.313.987	12,86 %	12,66
Baterías de Flujo	44.917.714.773	13,54 %	14,04
Baterías de Ion de Litio	36.487.925.269	13,89 %	11,65
Turbo-bombeo	151.115.521.638	18,53 %	9,41

Proyecto 166 MW

## Perfil del proyecto: Transmisión



- Aplazamiento de inversión
  - Usar Baterías de Ácido-Plomo, y Baterías de Ion de Litio.

Tecnología	VAN	TIR	TRI
Ácido-Plomo	116.840.552,21	15,76 %	6,36
Baterías de Ion de Litio	169.641.892,28	18,64 %	4,83

## Perfil del proyecto: Distribución

- EIE
- Escuela de **Ingeniería Eléctrica**

- Perfil 1: Arbitraje y reducción por demanda
  - No es rentable.



# Perfil del proyecto: Distribución



Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

- Perfil 2: Almacenamiento de renovables y abastecimiento en punta
  - Usar Baterías de Ácido-Plomo, Baterías de Flujo, y Baterías de Ion de Litio.

Tecnología	VAN	TIR	TRI
Baterías de Ácido-Plomo	510.291.135	12,20 %	13,65
Baterías de Flujo	1.311.456.756	13,34 %	15,48
Baterías de Ion de Litio	1.254.984.064	14,40 %	11,56

Proyecto 5 MW

### **Conclusiones**



- El almacenamiento de energía se proyecta como una de las tecnologías que brindará mayores beneficios para el sector electricidad.
- Su utilización no solo mejora la calidad del servicio, sino que además facilita la integración efectiva de las fuentes de energía renovable e intermitente como el eólico y solar.
- El almacenamiento tiene la opción de brindar nuevos servicios que antes no estaban disponibles.
- Dada su flexibilidad, puede contribuir en la reducción de tarifas y emisiones de gases de efector invernadero.

### Recomendaciones



- Estudiar la factibilidad de los proyectos a ser instalados en el SEP.
- Realizar estudios avanzados de impacto del almacenamiento de energía en cada una de las etapas del SEP.
- Ejecutar un plan piloto que permita evaluar los beneficios y limitaciones de un sistema de almacenamiento.
  - Etapa de distribución ya que la gama de aplicaciones es mucho más amplia que en las otras etapas

# EIE

EURD DE COUPE

Escuela de **Ingeniería Eléctrica** 

## Perspectivas del almacenamiento de energía para Costa Rica

Ing. José David Rojas, Ph.D. Universidad de Costa Rica