



Congreso Nacional de Energía 2026

Electrificación en Costa Rica: Tendencias y Tecnologías

Ing. Luis Valerio — Tecnológico de Costa Rica

Una iniciativa de:



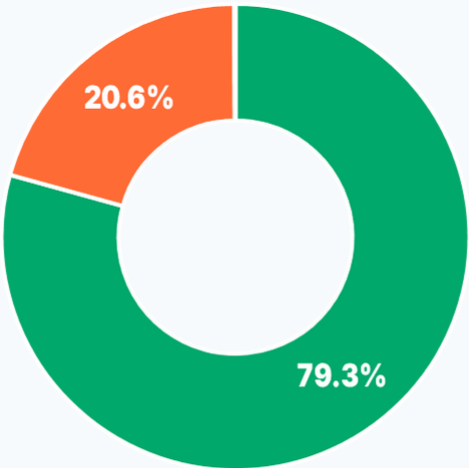
Con el apoyo de:



Balance de Energía Industrial — Tres Sectores Clave

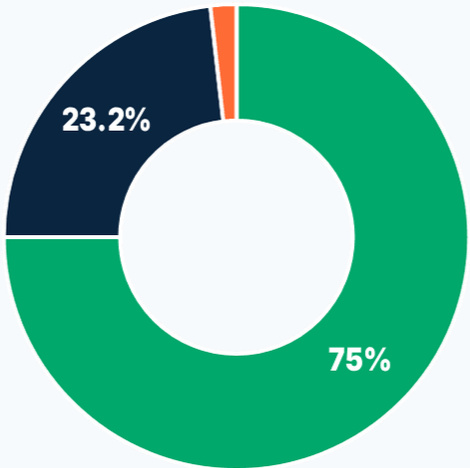
El 80 % del consumo térmico industrial aún depende de combustibles fósiles.

Industria
Agroalimentaria



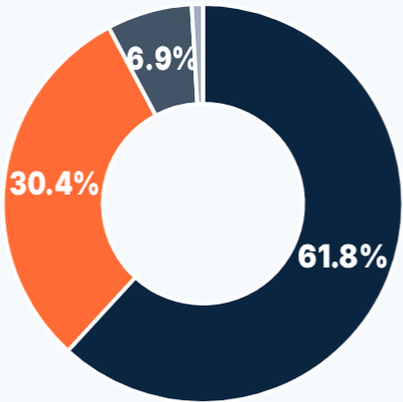
Búnker GLP Otro

Industria de Alimentos
para Mascotas



Búnker Electricidad GLP

Industria
Médica

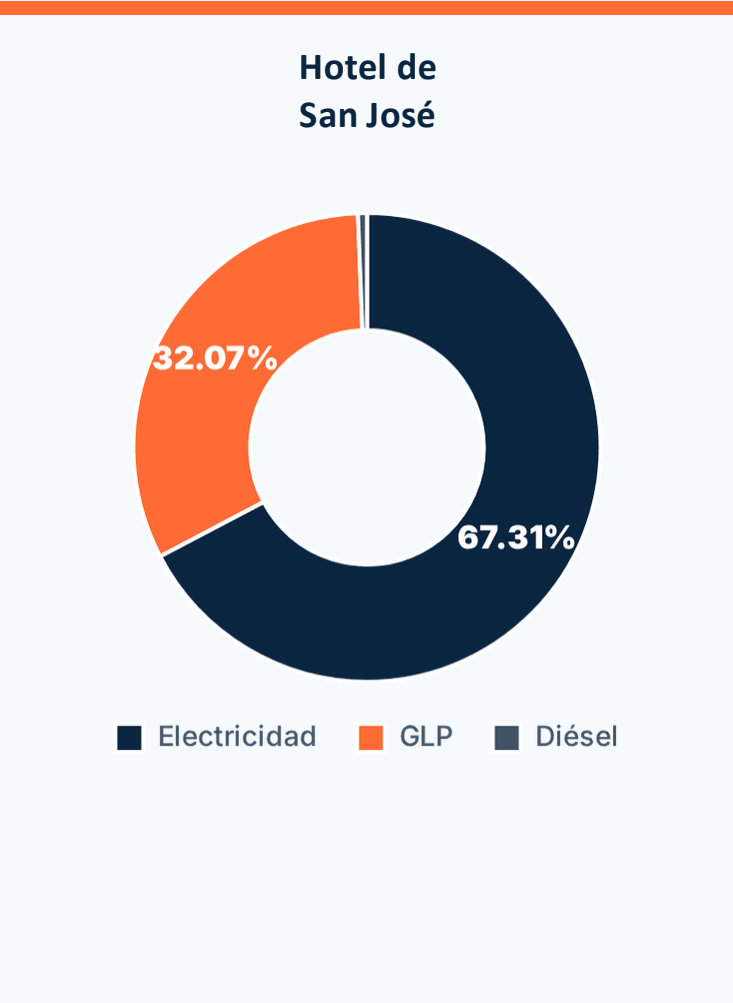
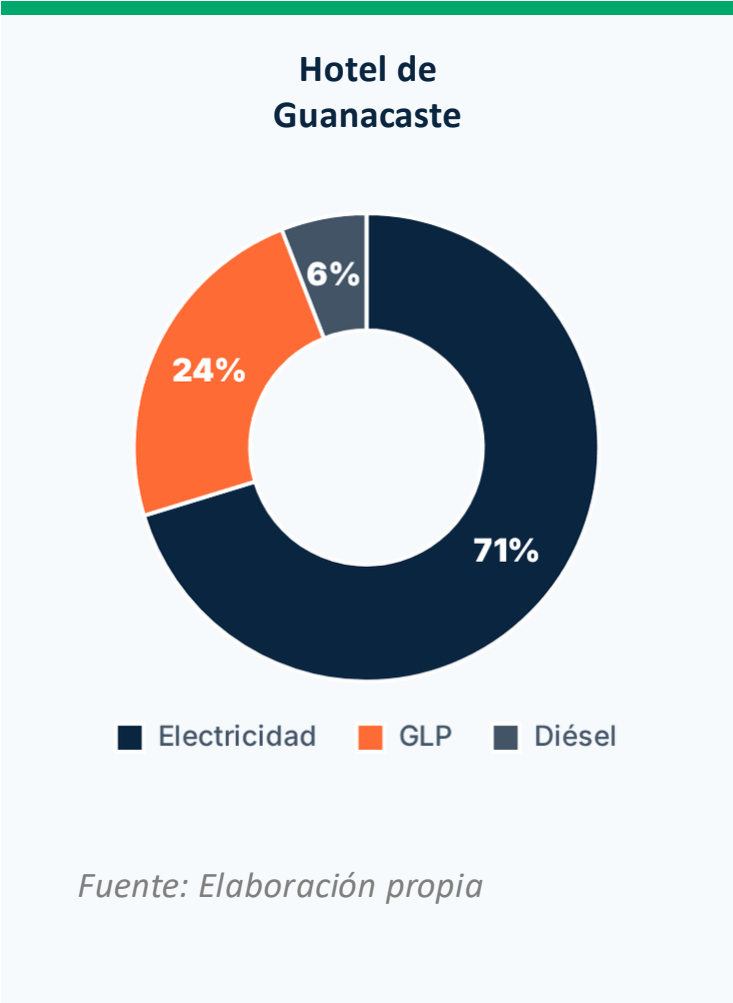
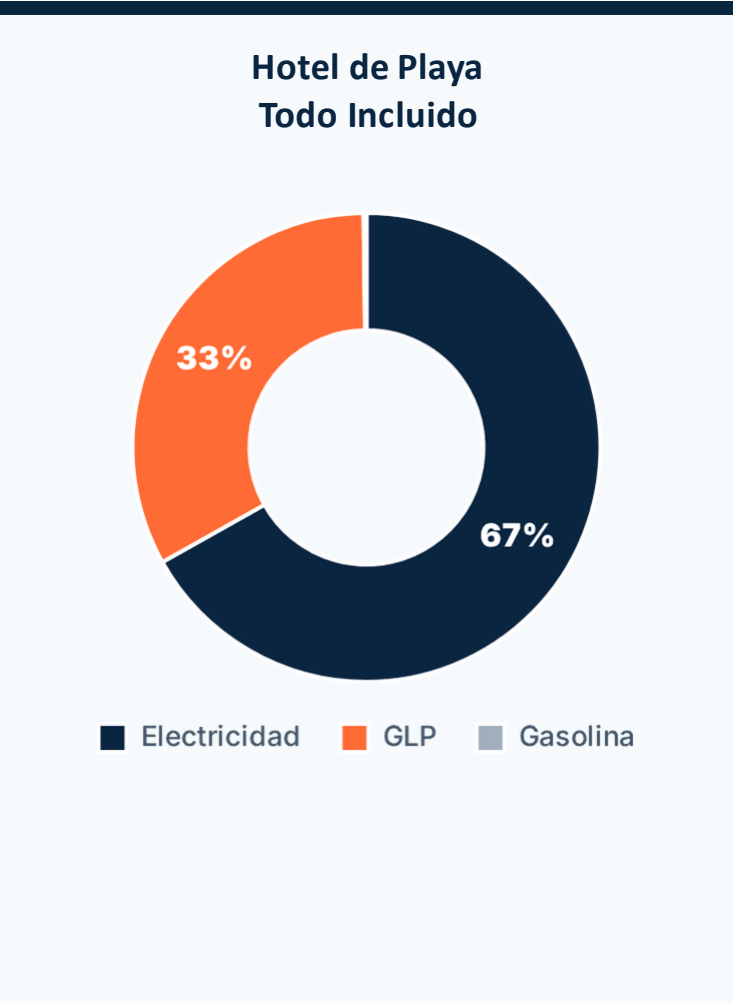


Electricidad GLP Diésel
Gasolina

Fuente: Elaboración propia

Balance de Energía Hotelera — Tres Perfiles de Hotel

El GLP representa entre el 24 % y el 33 % del consumo — y es completamente electrificable.



Fuente: Elaboración propia

Tarifas eléctricas y de combustibles fósiles en Costa Rica

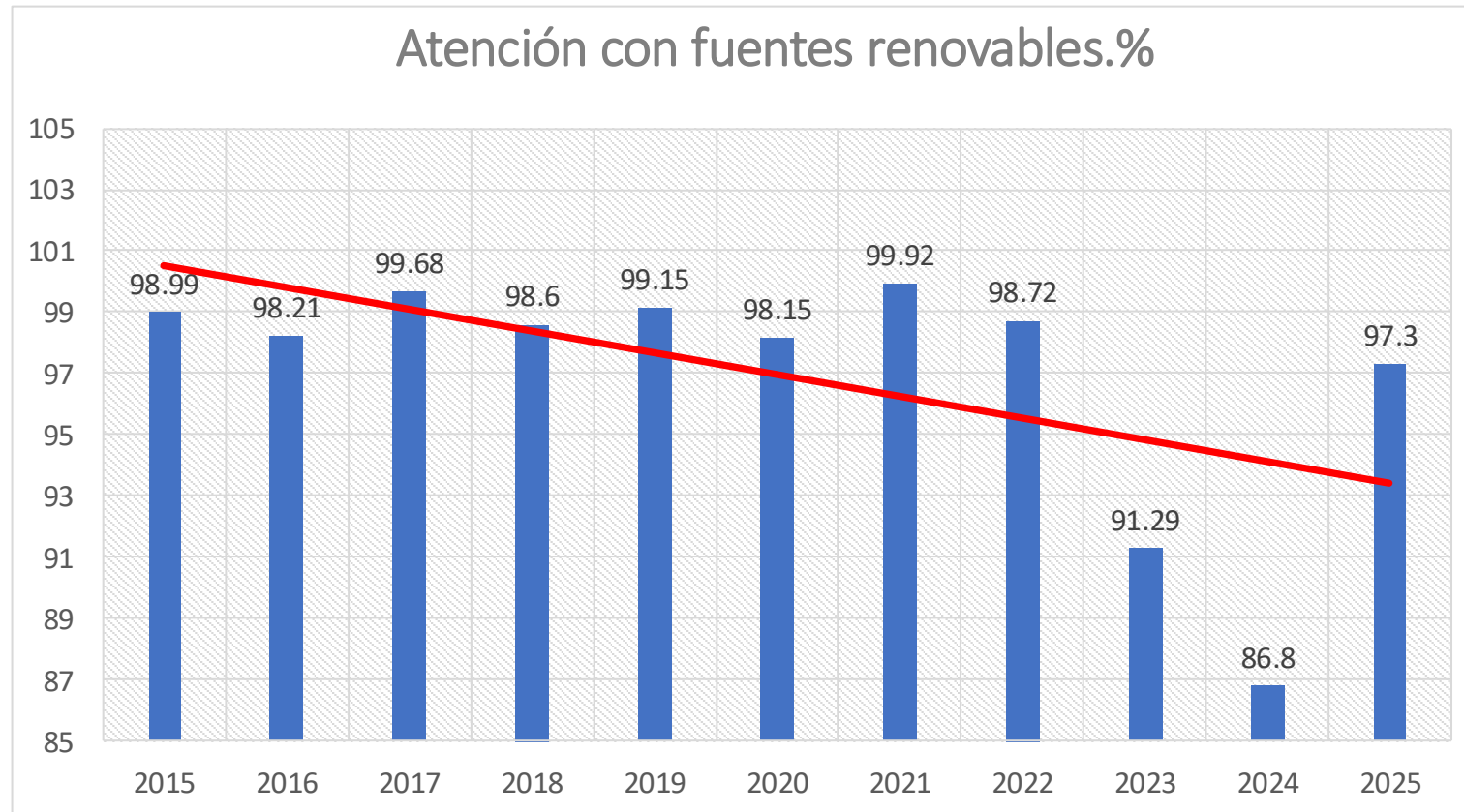
Combustible	Poder Calorífico (MJ/kg)	Densidad (kg/m3)	MJ/(L ó kWh)	\$/UNIDAD	\$/KJ	Kg CO2/L
Búnker	42,46	988	41,95	0,59	14,16	3,1
Diesel	45,57	846	38,55	1,08	28,00	2,61
LPG	48	532	25,54	0,41	15,97	1,61
Gasolinas	45,5	735	33,44	1,34	40,09	2,23
Electricidad tmt			3,6	0,14	39,52	0,0879
Electricidad T-MTb			3,6	0,12	32,49	0,0879
Electricidad t-CO			3,6	0,26	71,24	0,0879

Fuente: Elaboración propia, Fuente ICE, RECOPE

Esta es la barrera mental exacta que frena la descarbonización

Costa Rica tiene una historia eléctrica extraordinaria... pero incompleta

Los hidrocarburos representan el 68 % del consumo total de energía del país.



Alto desempeño histórico (2015–2022)

Generación renovable entre 98 % y 100 %.

Caída significativa (2023–2024)

Bajó a 86,8 % por El Niño y mayor uso térmico.

Recuperación en 2025

Participación renovable: 97,3 %.

Desafío estratégico

Diversificar con solar, eólica, geotermia y almacenamiento (BESS).

El elefante en la habitación: Barreras Económicas

La transición tecnológica es inviable si el ecosistema económico y regulatorio penaliza la electrificación.



Subsidios a Fósiles

El **GLP y el Fuel Oil** gozan de precios regulados que no reflejan su impacto real. Esta distorsión de precios hace que el costo térmico del GLP (aprox. \$52/kWh útil) compita de forma desleal contra la tarifa eléctrica industrial (\$59.67/kWh), bloqueando el ROI de los proyectos.

Consecuencia: Hace "imposible" justificar la inversión inicial en electrificación.



Legislación Obsoleta

La **Ley 7447 de Exoneración** (1994) está anclada en el pasado. Su lista de equipos exentos no contempla tecnologías modernas de descarbonización como bombas de calor industriales, calderas de hidrógeno, fotobiorreactores o maquinaria amarilla eléctrica.

Necesidad: Actualización urgente de la lista de bienes de capital exonerados.

Desconexión Bancaria

El sistema financiero local carece de instrumentos adecuados. La banca no está educada para evaluar el **Retorno de Inversión Inversión (ROI)** basado en ahorros operativos y eficiencia de nuevas tecnologías, exigiendo plazos cortos y garantías tradicionales.

Reto: Crear líneas de "financiamiento verde" industrial a largo plazo.



Casos de Estudio

Una iniciativa de:



Con el apoyo de:



Bombas de calor: la tecnología clave de la transición térmica

Eficiencia hasta seis veces superior a la resistencia eléctrica convencional.

Definición: Una bomba de calor es un dispositivo termoeléctrico que funciona mediante un ciclo de refrigeración por compresión, movilizandoo energía térmica desde una fuente de baja temperatura hacia una de mayor temperatura.

DATO CLAVE (IEA)

COP 3 a 6

Las bombas de calor pueden alcanzar un Coeficiente de Operación (COP) de 3 a 6, convirtiéndolas en una de las tecnologías más eficientes y sostenibles para la transición energética en calefacción.



Caso 1: Bombas de calor para agua caliente en piscinas

Zona de Belén, Heredia —sustitución de caldera de GLP para calentamiento de agua de piscina.



CONTEXTO DEL CASO

- Instalación con piscinas de **250 m³ a 520 m³** en zona de Belén, Heredia.
- Se plantea la **sustitución de una caldera de GLP** utilizada calentamiento del agua de piscina.
- Se evalúa la tecnología de bombas de calor de la serie comercial **INVERMAX** con tecnología INVERTER.

Modelos disponibles: **60 kWth y 110 kWth**; COP elevados a

- bajas temperaturas de operación.

CALEFACCIÓN PARA ALBERCAS CON AEROTERMIA



Serie comercial INVERMAX.

- Elevados COPs por aplicación a bajas temperaturas.
- Muy bajos costos operativos gracias a elevados COPs.
- Diseño específico para piscinas / albercas.
- Tecnología INVERTER ahorra energía y eleva rendimiento.
- 2 modelos disponibles con potencias de 60 y 110 kWth.
(Agua y aire a 27 Celcius con 80% de Humedad relativa).
- Para piscinas entre 125 y 520 m3.

AQUARK TECHNOLOGY LIMITED

Keyuan Road 2, Gaoli Development Zone,
Ronggui, Shunde District, Foshan, China
sales@aquark.com
+86 20 3781 4693
www.aquark.com

INVER MAX

AHORRO PODEROSO
INVERTER COMERCIAL



DC Inverter
Promedio
C.O.P 10

53dB(A)
a 1m

Wi-Fi
Incluido

Disponibile para piscinas de 125m³ - 520m³

Caso Real: Climatización de piscinas — resultados financieros

A menor temperatura requerida, mayor eficiencia. Las piscinas son el escenario ideal.

Ubicación: Belén, Heredia		Volumen: 250 m ³ a 520 m ³	Inversión Total: \$48.477
GASTO ACTUAL (CALDERA GLP)	RENTABILIDAD (TIR)		
	IMPACTO AMBIENTAL		
BOMBA DE CALOR (CON INCENTIVOS)	Índice de Deseabilidad (ID): 21,40		
	VAN: \$80.352		

AHORRO ANUAL

\$16.476

Conclusión: El gasto térmico para mantener el agua caliente se generando liquidez inmediata. Con un ID de 21,40 y una TIR del 294 %, es un proyecto financieramente excepcional. Se eliminan directamente 77 toneladas de emisiones al año, sin humo ni ruido en el área de piscina.

Caso 2: Bombas de calor para agua caliente en habitaciones de hotel

Hotel de 150 habitaciones — sustitución de caldera de GLP para agua sanitaria.

168.359 L

Consumo anual de GLP en las instalaciones del hotel.
hotel.

65 °C

Temperatura requerida para el calentamiento de agua
sanitaria.

Tarifa T-MTb

Tarifa eléctrica aplicable de la Compañía Nacional de
Fuerza y Luz (CNFL).



Caso Real: Descarbonización en hotelería —resultados financieros

La transición energética es, ante todo, una decisión financiera extraordinariamente rentable.

PARÁMETROS DEL PROYECTO

HOTEL
150 habitaciones
CONSUMO ACTUAL
168.359 L de GLP/año
USO
Agua sanitaria a 65 °C
INVERSIÓN INICIAL
\$177.749
GASTO ACTUAL (CALDERA GLP)
\$73.345/año
COSTO OPERATIVO (BOMBA DE CALOR)
\$31.837/año

\$41.507

AHORRO ANUAL

161%

RENTABILIDAD (TIR)

-92%

EMISIONES CO₂

CONCLUSIÓN FINANCIERA Y AMBIENTAL

El gasto térmico del hotel se reduce en un 56 % inyectando liquidez directa a la utilidad neta. Con financiamiento a 10 años al 7 %, el anual paga la cuota del préstamo y genera flujo positivo desde el emisiones caen de 271 toneladas a solo 19,8 toneladas, clave para certificaciones de turismo sostenible.

Calderas eléctricas: tecnología limpia para procesos industriales

Mercado potencial: 177 calderas de fuel oil y 145 de diésel registradas en Costa Rica.



VENTAJAS CLAVE

- **Instalación simple:** No requiere almacenamiento ni manejo de combustibles.
- **Menor costo de operación y mantenimiento.**
- **Mayor seguridad:** Sin combustión, menor riesgo de incendio o explosión.
- **Cero emisiones locales:** Sin humo, cenizas ni residuos.
- **Tecnología limpia y sostenible.**
- **Alta eficiencia:** Hasta el 99 % de conversión de energía eléctrica útil.

Caso 3: Caldera de búnker en industria de alimentos

Planta de producción de alimentos — sustitución de caldera de búnker para procesos a 80 °C.

80 °C

Necesidad de agua caliente para procesos de producción.

407.977 L

Consumo anual de búnker en las instalaciones de la planta.

IMPACTO ACTUAL

Representa una fuente significativa de emisiones de CO₂ y altos costos operativos asociados al uso de combustibles fósiles.



Baño de realidad: caldera eléctrica vs. búnker

Para la industria pesada que requiere vapor puro, la electrificación directa hoy es inviable sin una tarifa diferenciada.

DATOS DEL CASO

SUSTITUCIÓN

Caldera de búnker

CONSUMO

407.977 L de búnker/año

REQ. ELÉCTRICO EQUIVALENTE

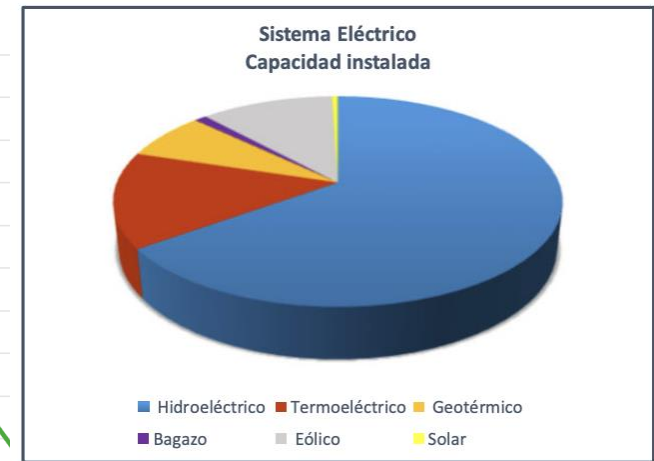
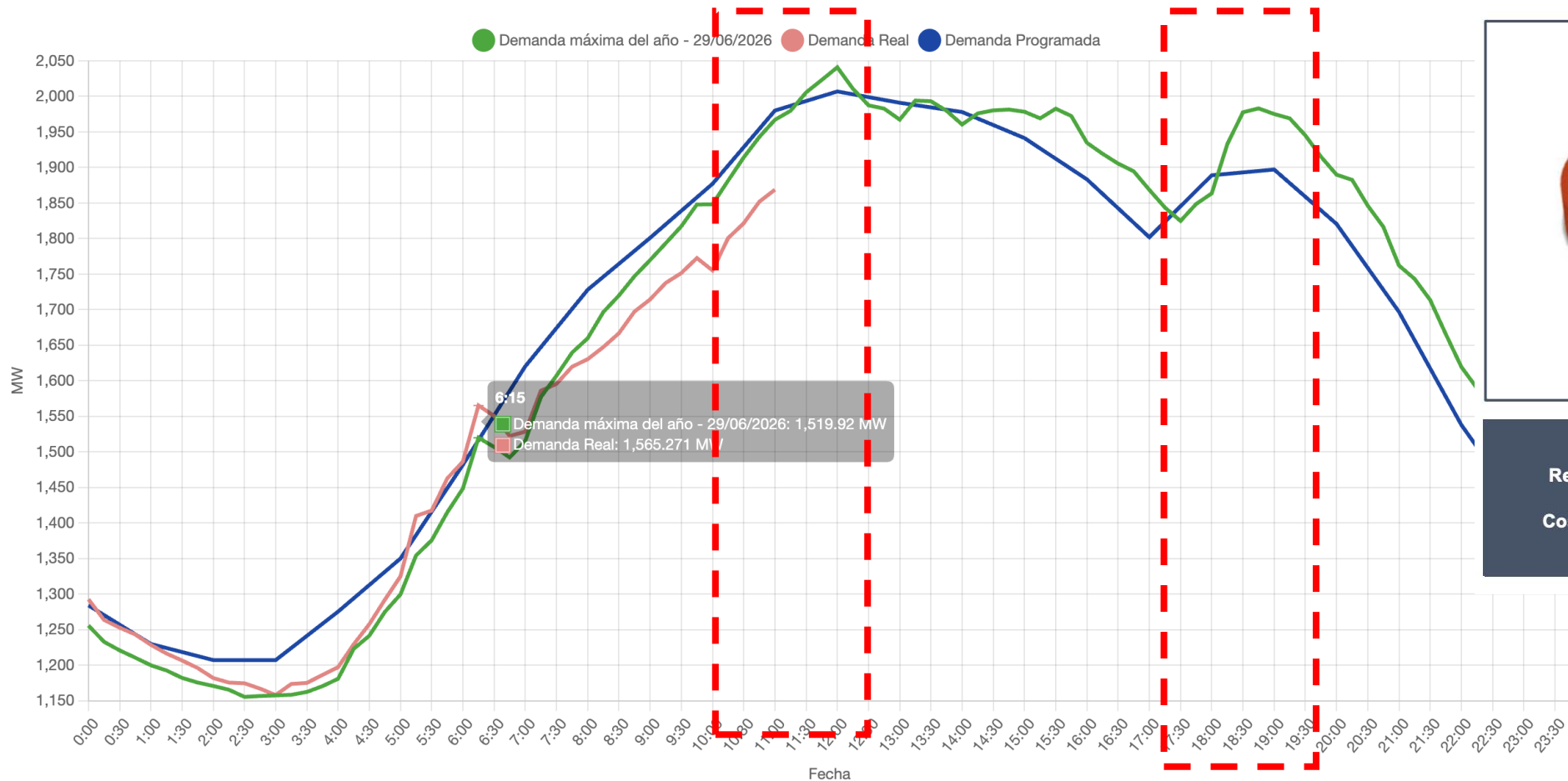
3,9 Millones kWh

IMPACTO POTENCIAL

-914 t CO₂/año

MÉTRICA	ESCENARIO ACTUAL	CON TARIFA DE \$0,07
Costo anual búnker	\$240.707	\$262.737 (proyectado)
Costo anual electricidad	\$479.210	\$279.539
Ahorro anual	-\$238.504 (Pérdida)	+\$5.229 (Marginal)
VAN	-\$1,64 M	-\$74.117
TIR	N/A	-0,2 %

La conclusión honesta: La tarifa de \$0,07/kWh no es un regalo ni un subsidio exagerado. Como demuestra la TIR de -0,2 %, es lo **mínimo** lo **mínimo necesario** para que la industria pesada pueda considerar la transición sin quebrar.



Resumen kW Costa Rica		
Hidroeléctrico	2 346 979	65,07%
Termoeléctrico	530 962	14,72%
Geotérmico	262 660	7,28%
Bagazo	38 500	1,07%
Eólico	410 615	11,38%
Solar	17 287	0,48%
Total	3 607 002	100,00%

Elaboración propia Fuente :DOPSE

"Tenemos **3,607 MW instalados** para un país que **consume 2,040 MW en su pico máximo**. No nos falta infraestructura, nos falta **gestión inteligente**. Tenemos un 65% de dependencia hidroeléctrica que nos hizo vulnerables en 2024, un ridículo 0.48% en energía solar, y una capacidad ociosa de 800 MW todas las noches. Si implementamos una **Tarifa de Descarbonización de \$0.07/kWh de 8pm a 8am**, usamos la capacidad hidroeléctrica y geotérmica que ya está instalada y pagada, aplanamos la curva de demanda, le damos rentabilidad al ICE, y le permitimos a la industria pagar la sustitución de sus calderas de GLP y búnker. **Es un ganar-ganar.**"

Propuesta País: Tarifa de Descarbonización

Aprovechar la capacidad ociosa nocturna del SEN para viabilizar la sustitución de calderas y quemadores fósiles.



TARIFA ESPECIAL NOCTURNA

\$0,07 / kWh

8:00 p. m. a 8:00 a. m.

Condición: Facturación independiente; uso exclusivo para equipos equipos térmicos de descarbonización.

Disponibilidad: Costa Rica tiene amplia capacidad eléctrica ese horario.

Rentabilidad SEN: La tarifa T-MT nocturna actual es ~¢11,85 (\$0,023). Cobrar \$0,07 genera margen positivo para el sistema sin sistema sin requerir subsidios.

FUENTE / TECNOLOGÍA	COSTO ESTIMADO POR KWH TÉRMICO TÉRMICO ÚTIL
Electricidad (Tarifa T-IN directa)	~¢59,67
GLP (Quemador industrial)	~¢52,00
Fuel Oil (Caldera Búnker C)	~¢29,00
Bomba de calor (Tarifa T-IN actual)	~¢17,05
Bomba de calor + Tarifa Propuesta (\$0,07) (\$0,07)	~¢10,40

CONCLUSIÓN

Con la tarifa propuesta y tecnología eficiente, el costo térmico sería un **80 % más barato que el GLP** y un **64 % más barato que el fuel oil**, haciendo financieramente irresistible la transición.

El negocio para las distribuidoras eléctricas

¿Por qué el ICE y las distribuidoras dirían SÍ a una tarifa de \$0,07/kWh?

CAMBIO DE PARADIGMA

No es un "descuento" sobre la energía que ya venden. Es una estrategia comercial agresiva para capturar un mercado nuevo que hoy le pertenece a los combustibles fósiles.

1

Medición independiente (cero canibalización)

La tarifa requiere un medidor dedicado exclusivo para los nuevos equipos térmicos. La distribuidora no pierde margen en el consumo actual de la planta; gana margen sobre una venta que antes no existía.

2

Costo marginal cero y eficiencia de red

Al consumir de madrugada, se utiliza la energía de plantas a filo de agua que de otro modo se desperdiciaría. La red de transmisión y los transformadores están vacíos y fríos, sin necesidad de inversión en infraestructura adicional.

3

Ingresos frescos (competir con RECOPE)

La industria consume el 11 % de los hidrocarburos del país. Ofrecer \$0,07/kWh le permite al sector eléctrico arrebatarse esa cuota de mercado a los combustibles fósiles, inyectando millones de dólares en ingresos frescos al Sistema Eléctrico Nacional.

Cómo financiarlo: el modelo ESCO para hoteles

Eliminar la barrera del CAPEX inicial pagando la tecnología exclusivamente con los ahorros generados.



Las **Empresas de Servicios Energéticos (ESCO)** asumen el riesgo técnico y financiero de instalar tecnologías limpias mediante Contrato de Desempeño Energético (EPC).

¿POR QUÉ ES VIABLE EN COSTA RICA?

El margen de ahorro suele financiar completamente el modelo; el principal reto es habilitar el financiamiento regulatorio y bancario local.

1

AUDITORÍA Y DISEÑO

La ESCO evalúa el consumo actual del hotel (ej. gasto en GLP o búnker para calderas).

2

INVERSIÓN \$0

La ESCO compra, instala y mantiene los equipos sin costo inicial para el hotel.

3

AHORRO COMPARTIDO

El hotel paga una cuota mensual menor a su gasto previo en combustibles combustibles fósiles.

4

TRANSFERENCIA

Al finalizar el contrato, los equipos pasan a ser propiedad del hotel y obtiene y obtiene el 100 % del ahorro.

Acciones Habilitadoras

Condiciones estructurales necesarias para viabilizar la transición tecnológica.



Tarifa Descarbonización

Implementar una tarifa de $\leq \$0.07/\text{kWh}$ (20:00 pm a 8:00 am) para poder competir directamente contra el costo operativo del fuel oil.



Exoneraciones Fiscales

Actualizar la ley para **quitar impuestos** a eléctricas, bombas de calor y equipos de alta eficiencia, reduciendo el CAPEX.



Reasignación de Subsidios

Eliminar progresivamente los subsidios cruzados al búnker y GLP industrial, **trasladando ese beneficio beneficio** hacia la electrificación.



Rediseño Térmico (No 1:1)

Evitar sustituir potencia 1 a 1. Se debe estudiar el estudiar el requerimiento real y **complementar con bombas de calor** para consumos base.



Estabilidad Tarifaria

Asegurar un **precio fijo de electricidad** por el período contractual del proyecto para dar certeza financiera a las inversiones.



Crédito Verde Especializado

Crear líneas de financiamiento (Project Finance / ESCOs) diseñadas específicamente para el **cambio masivo de calderas fósiles**.

CONTACTO

Ing. Luis Valerio

Instituto Tecnológico de Costa Rica



8705-1787



lgvalerio@tec.ac.cr

Una iniciativa de:



Con el apoyo de:

