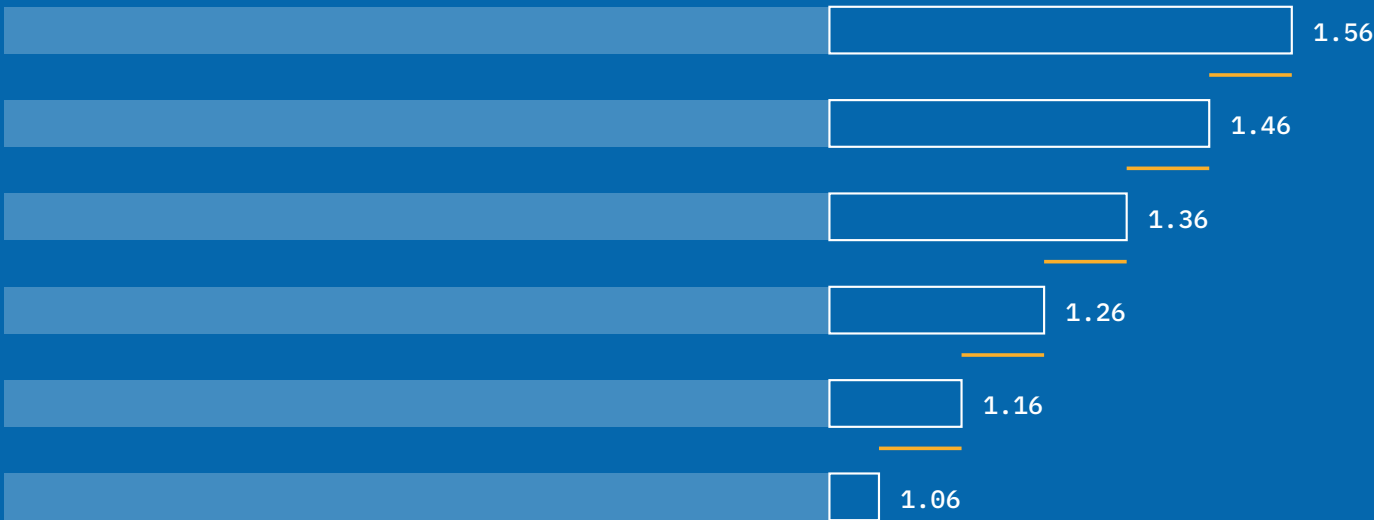


Energía total de la instalación: 156



PUE por décimas: cada paso son 10 unidades por cada 100 de TI



10

USD 10,445 al año por cada 100 kW de TI

Cascada de PUE, Uptime Institute 2024

# EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES CRÍTICAS:

## EL ESTUDIO QUE PAGA EL PROYECTO

Un estudio de eficiencia bien hecho ordena las inversiones por retorno y deja la compra de equipos para el final. Con PUE, medición, mantenimiento preventivo y la aritmética del portafolio de 13 casos de Ingelmec.

## RESUMEN EJECUTIVO

[1] The Green Grid, «PUE: A Comprehensive Examination of the Metric»

[2] Uptime Institute, «Global Data Center Survey 2024»

[3] U.S. DOE, Federal Energy Management Program, «Operations & Maintenance Best Practices Guide»

En una instalación crítica, la energía es el costo operativo que más se puede controlar y el que menos se mide por sistema. La factura llega como un total; el estudio de eficiencia la separa en lo que consume la carga útil y lo que consume todo lo demás. Para centros de datos, la métrica es el PUE de The Green Grid: energía total de la instalación dividida entre la energía de los equipos de TI [1]. El promedio que reportó la encuesta global de Uptime Institute en 2024 fue 1.56 [2]: por cada 100 kWh de TI, 56 kWh de climatización, pérdidas eléctricas e iluminación.

Este documento propone ordenar las inversiones por retorno: medir primero, corregir cargas fantasma y ajustes sin capital, contratar mantenimiento preventivo y dejar el reemplazo de equipos para el final. El Programa Federal de Gestión de Energía de EE. UU. estima que los programas de operación y mantenimiento orientados a eficiencia ahorran entre 5 % y 20 % de la factura sin inversión de capital significativa [3].

# 1.56

PUE promedio reportado en la encuesta global 2024

● Uptime Institute [2]

# 5–20 %

Ahorro en la factura con programas de O&M, sin capital significativo

● DOE/FEMP [3]

# 12–18 %

Ahorro de costo del mantenimiento preventivo frente al reactivo

● DOE/FEMP [4]

# 119.24

USD/MWh, costo base de generación trasladado a tarifas en Honduras

● CREE [5]

### La tesis en una línea

El estudio que paga el proyecto empieza con un medidor y termina con una lista de inversiones ordenada por retorno; la compra de equipos ocupa el último lugar de esa lista.

# 02

Introducción

## EL PROBLEMA, DIMENSIONADO

Un director financiero recibe la factura eléctrica de un hospital, un banco o una planta como una sola cifra mensual, con un cargo por energía y otro por demanda. Esa cifra no dice cuánto consume la climatización, cuánto se pierde en transformadores y UPS, ni cuántos equipos siguen encendidos sin cumplir ninguna función. Sin esa separación, cualquier propuesta de ahorro compite con las demás por intuición.

El precio de la energía tiene en Honduras un piso público. La Comisión Reguladora de Energía Eléctrica fijó un costo base de generación de 119.24 USD/MWh para trasladar a las tarifas del usuario final [5]; la tarifa que paga una instalación suma transmisión, distribución y demanda. Cualquier cálculo de ahorro que use solo ese piso queda del lado conservador.

En una instalación crítica, además, la eficiencia compite con la confiabilidad. El responsable de operaciones teme que un ajuste de temperatura o el apagado de un equipo «sin uso» provoque una falla. Esa tensión se resuelve con datos: un estudio que mide antes de tocar, cambia una variable a la vez y verifica el resultado con la misma medición.

[5] Comisión Reguladora de Energía Eléctrica, Acuerdo CREE-78-2025

**ESA TENSIÓN SE RESUELVE  
CON DATOS: UN ESTUDIO  
QUE MIDE ANTES DE  
TOCAR.**

# 03

Contexto

## QUÉ MIDE EL PUE Y QUÉ ENFOQUES FALLAN

### LA DEFINICIÓN

The Green Grid define el PUE como la energía total de la instalación dividida entre la energía de los equipos de TI [1]. Un PUE de 1.0 significaría que toda la energía llega a la carga útil; 1.56 significa que la infraestructura agrega 56 % sobre la carga de TI. La métrica funciona para seguir una misma instalación en el tiempo, con los mismos puntos de medición; Uptime Institute reporta que el promedio se mantuvo casi plano por quinto año consecutivo en 2024 [2].

### FUERA DEL CENTRO DE DATOS

Un hospital o una planta no tienen PUE, pero aceptan la misma lógica: carga útil (el proceso, el área clínica) frente a la infraestructura que la sostiene (climatización, bombeo, iluminación, pérdidas). El estudio separa ambas con medición y produce un indicador propio, por ejemplo kWh por tonelada producida o por cama ocupada.

Vertiv

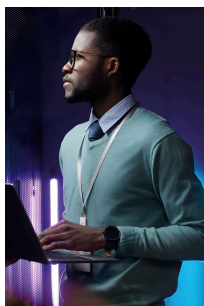


Foto editorial de la sección sobre la paradoja de Jevons. Imagen: Vertiv, «AI workloads and the future of IT infrastructure» (SL-71324), 2024.

## CARGAS FANTASMA

Llamamos cargas fantasma a las que consumen sin cumplir función: servidores encendidos sin carga útil, climatización en áreas vacías, iluminación fuera de horario, equipos de respaldo dimensionados para una carga que nunca llegó y bombas que recirculan sin demanda. Ninguna aparece en la factura con su nombre; todas aparecen en una medición por circuito.

## TRES ENFOQUES QUE FALLAN

- **Comprar el equipo eficiente primero.** Un equipo nuevo sobre una operación sin medir hereda los mismos horarios, consignas y cargas fantasma del anterior.
- **Mantener por avería.** El mantenimiento reactivo deja que los filtros, serpentines y calibraciones se degraden hasta la falla, con el consumo creciendo en el camino [4].
- **Comparar indicadores sin los mismos puntos de medición.** Dos PUE medidos en lugares distintos de la cadena eléctrica no son comparables entre sí.

[4] U.S. DOE/FEMP, «O&M Best Practices Guide»



## UN EQUIPO NUEVO SOBRE UNA OPERACIÓN SIN MEDIR HEREDA LAS CARGAS FANTASMA DEL ANTERIOR

Criterio Ingelmec, sección 3

Metodología

# EL ESTUDIO EN CINCO CAPAS

# 04

Ingelmec estructura un estudio de eficiencia en cinco capas, en orden de inversión creciente. Cada capa se paga con el ahorro de las anteriores o con una medición que la justifica.

# 1

### MEDICIÓN.

Medidores en la acometida, a la salida de los UPS y en los tableros de climatización; registro de 15 minutos durante al menos un mes. Sin esta capa no hay línea base.

2

**LÍNEA BASE E INDICADOR.**

PUE mensual con puntos de medición fijos [1], o el indicador propio de la instalación, con su perfil de carga por hora y día.

3

**CARGAS FANTASMA Y AJUSTES SIN CAPITAL.**

Apagado de equipos sin función, horarios de climatización e iluminación, consignas de temperatura revisadas y sellado de flujos de aire, una variable a la vez, verificada con la medición.

4

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO CONTRATADO.**

Filtros, serpentines, calibración de sensores y ajuste de controles con calendario y boleta técnica: la capa que FEMP asocia con 5-20 % de ahorro en la factura [3] y 12-18 % de ahorro de costo frente al mantenimiento reactivo [4].

5

**INVERSIONES DE CAPITAL POR RETORNO.**

Reemplazo de equipos, cambio de arquitectura de climatización o de UPS, ordenados por retorno simple con el ahorro medido en las capas anteriores.

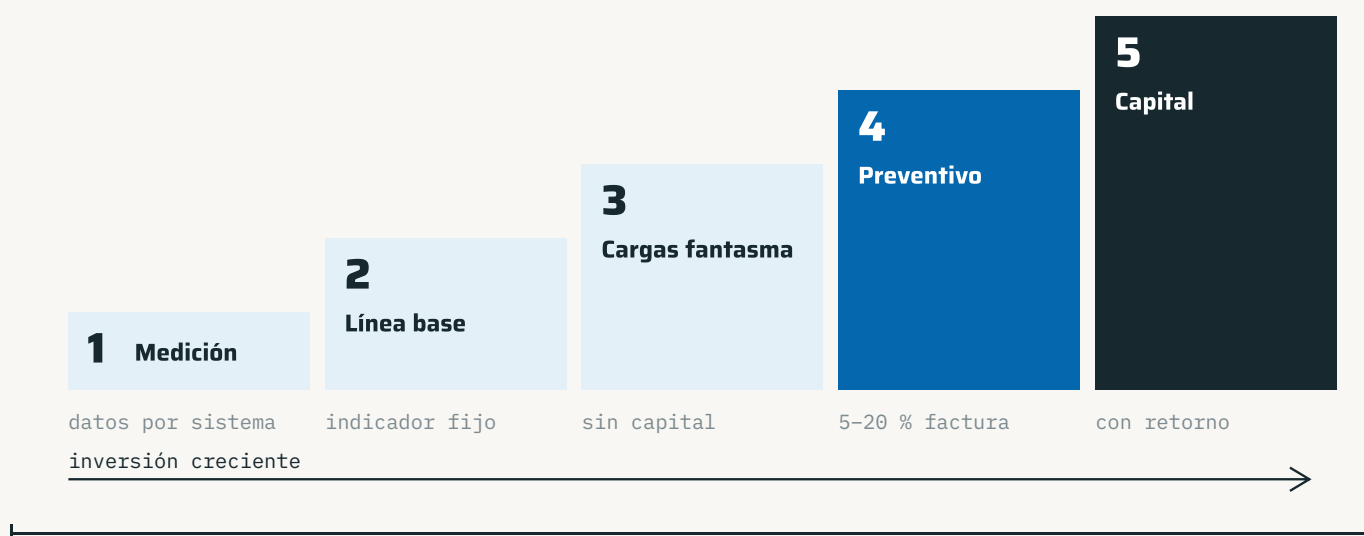


**Figura 1.** El estudio en cinco capas: la inversión crece hacia la derecha y cada escalón se apoya en la medición del anterior. Criterio Ingelmec; rangos de ahorro de DOE/FEMP [3][4].

# HALLAZGOS: LO QUE VALE CADA PUNTO

1

## Hallazgo 1

### CADA DÉCIMA DE PUE TIENE PRECIO

Con 100 kW de carga de TI y PUE de 1.56 [2], la instalación demanda 156 kW. Bajar a 1.46 libera 10 kW continuos: 87.6 MWh al año en 8,760 horas. Al piso de generación de 119.24 USD/MWh [5], son USD 10,445 al año por cada décima y por cada 100 kW de TI, antes de sumar transmisión, distribución y demanda. Cálculo propio.

2

## Hallazgo 2

### EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO ES LA PRIMERA INVERSIÓN

DOE/FEMP estima que el mantenimiento preventivo ahorra entre 12 % y 18 % frente al reactivo, que el predictivo suma entre 8 % y 12 % sobre el preventivo [4], y que los programas de O&M orientados a eficiencia ahorran entre 5 % y 20 % de la factura sin capital significativo [3]. Un filtro saturado o un serpentín sucio obligan al compresor a trabajar más horas para entregar el mismo enfriamiento; el contrato que los atiende con calendario es la inversión de menor riesgo del estudio. Los contratos Avanzado y Premium de Ingelmecc incluyen preventivos programados, boletas técnicas digitales y reportes de estado por equipo [7].



Chiller Vertiv de la sección «Chiller-level safeguards: auto-protect». Imagen: Vertiv, «AI Workload Management», 2026.

[7] Ingelmecc, portafolio documentado y datos institucionales

3

## Hallazgo 3

### EL PORTAFOLIO DE 13 CASOS COMO EVIDENCIA LOCAL

El portafolio documentado de Ingelmecc suma 2,410 TR en 13 casos [7], equivalentes a 8,476 kW térmicos. Con supuestos declarados (COP de 3, el mismo que usa Seeley International en su comparación de costos [6]; 4,380 horas al año; factor de carga promedio de 60 %), cada 100 TR consumen unos 308 MWh anuales. La tabla 1 aplica a ese consumo el rango de FEMP [3] y el piso de generación de CREE [5].

[6] Seeley International, «Breezeair evaporative cooling for Europe»

Tabla 1

SENSIBILIDAD DEL AHORRO POR MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

| Escala                           | Consumo anual | Costo al piso de generación | Ahorro con 5 % | Ahorro con 20 % |
|----------------------------------|---------------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| Por cada 100 TR                  | 308 MWh       | USD 36,737                  | USD 1,837      | USD 7,347       |
| Portafolio documentado, 2,410 TR | 7,425 MWh     | USD 885,350                 | USD 44,268     | USD 177,070     |

Cálculo propio: 1 TR = 3.517 kW; COP 3 [6]; 4,380 h; factor de carga 60 %; 119.24 USD/MWh [5]; rango 5-20 % [3]; portafolio [7].

4

Hallazgo 4

EL ORDEN DE LAS INVERSIONES DECIDE EL RETORNO

La capa 5 compite por capital con todo lo demás de la empresa; las capas 1 a 4 se pagan con gasto operativo y con su propio ahorro. Cuando el estudio llega a la capa 5 con la línea base medida, el reemplazo de un chiller, de un UPS o de una arquitectura de climatización se presenta con su ahorro verificado y su retorno simple, y la dirección financiera lo evalúa como cualquier otra inversión.

Tabla 2

ORDEN DE INVERSIONES

| Capa              | Inversión       | Qué entrega                              | Riesgo operativo                           |
|-------------------|-----------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1•Medición        | Baja            | Línea base por sistema                   | Nulo                                       |
| 2•Línea base      | Baja            | Indicador mensual comparable             | Nulo                                       |
| 3•Cargas fantasma | Sin capital     | Ahorro inmediato y verificable           | Bajo, con cambios de una variable a la vez |
| 4•Preventivo      | Gasto operativo | 5-20 % de la factura [3]                 | Reduce el riesgo                           |
| 5•Capital         | Alta            | Ahorro según caso, con retorno calculado | Gestionado en el proyecto                  |

Criterio Ingelmec; rango de ahorro de DOE/FEMP [3].

# 06

Accionable

## SEIS RECOMENDACIONES

### INSTALE MEDICIÓN ANTES DE APROBAR CUALQUIER PROYECTO.



Acometida, UPS y climatización con registro de 15 minutos; un mes de datos vale más que cualquier estimación.

### PERSIGA LAS CARGAS FANTASMA UNA POR UNA.



Equipos sin función, horarios y consignas, con verificación por medición después de cada cambio.

### CALCULE CON EL PISO DE GENERACIÓN Y SU TARIFA REAL.



119.24 USD/MWh como mínimo conservador [5], y su tarifa completa para el caso de negocio.

### FIJE EL INDICADOR Y SUS PUNTOS DE MEDICIÓN.



PUE en centros de datos [1] o un indicador propio por unidad de producción o servicio, siempre medido en los mismos puntos.

### CONTRATE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO INVERSIÓN.



Es la capa con el rango de ahorro mejor documentado [3] [4]; exija calendario, boletas y reportes por equipo [7].

### PRESENTE EL CAPITAL CON AHORRO MEDIDO.



El reemplazo de equipos llega al comité financiero con línea base, ahorro verificado y retorno simple.

# 07

Cierre

## CONCLUSIÓN

El estudio de eficiencia paga el proyecto cuando ordena las inversiones por retorno. Con PUE promedio de 1.56 [2], cada décima recuperada vale unos USD 10,445 al año por cada 100 kW de TI al piso de generación hon-dureño [5]; y los programas de operación y mantenimiento ahorran entre 5 % y 20 % de la factura sin capital significativo [3]. Medir, corregir, man-tener y después invertir: en ese orden, cada capa financia la siguiente.

# 08

Fuentes verificadas

## REFERENCIAS

01

The Green Grid, «PUE: A Comprehensive Examination of the Metric» (White Paper #49): PUE = energía total de la instalación / energía de los equipos de TI.

[datacenters.lbl.gov/sites/default/files/WP49-PUE%20A%20Comprehensive%20Examination%20of%20the%20Metric\\_v6.pdf](https://datacenters.lbl.gov/sites/default/files/WP49-PUE%20A%20Comprehensive%20Examination%20of%20the%20Metric_v6.pdf)

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02 | <p>Uptime Institute, «Global Data Center Survey 2024» (resumen ejecutivo): PUE promedio de 1.56, casi plano por quinto año consecutivo.</p> <p><a href="https://uptimeinstitute.com/uptime_assets/7425ec68d479c5d78a743df94a79b114ed9f9c73f13b6460949d2b8e73373209-GA-2024-07-uptime-institute-global-data-center-survey-results-2024.pdf">uptimeinstitute.com/uptime_assets/7425ec68d479c5d78a743df94a79b114ed9f9c73f13b6460949d2b8e73373209-GA-2024-07-uptime-institute-global-data-center-survey-results-2024.pdf</a></p> |
| 03 | <p>U.S. DOE, Federal Energy Management Program, «Operations &amp; Maintenance Best Practices Guide», Release 3.0: programas de O&amp;M orientados a eficiencia con ahorros estimados de 5 % a 20 % de la factura sin inversión de capital significativa.</p> <p><a href="http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/0andM.pdf">www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/0andM.pdf</a></p>                                                                                                                                                   |
| 04 | <p>U.S. DOE/FEMP, «O&amp;M Best Practices Guide», capítulo 5 «Types of Maintenance Programs»: preventivo con 12 % a 18 % de ahorro de costo frente al reactivo; predictivo con 8 % a 12 % sobre el preventivo.</p> <p><a href="http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/om_5.pdf">www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/om_5.pdf</a></p>                                                                                                                                                                                               |
| 05 | <p>Comisión Reguladora de Energía Eléctrica, Acuerdo CREE-78-2025: costo base de generación de 119.24 USD/MWh a trasladar a las tarifas del usuario final de la ENEE.</p> <p><a href="https://leyes.hn/documento/8310-acuerdo-ejecutivo-cree-78-2025-aprobacion-del-ajuste-trimestral-al-costo-base">leyes.hn/documento/8310-acuerdo-ejecutivo-cree-78-2025-aprobacion-del-ajuste-trimestral-al-costo-base</a></p>                                                                                                           |
| 06 | <p>Seeley International, «Breezair evaporative cooling for Europe»: comparación de costos de operación con supuesto de COP 3 para el equipo refrigerado.</p> <p><a href="http://www.seeleyinternational.com/eu/commercial/breezair-evaporative-cooling-europe/">www.seeleyinternational.com/eu/commercial/breezair-evaporative-cooling-europe/</a></p>                                                                                                                                                                       |
| 07 | <p>Ingelmec, portafolio documentado y datos institucionales (2026): 2,410 TR en 13 casos (cifra institucional oficial); contratos Por Demanda, Avanzado (preventivos programados, boletas técnicas digitales, reportes por equipo) y Premium (cobertura total, averías 24×7×365).</p> <p>Documento interno o catálogo; sin URL pública</p>                                                                                                                                                                                   |

Citas pendientes declaradas

No se publica un ahorro medido de los contratos de mantenimiento de Ingelmec: requiere comparar consumo antes y después en clientes con medición, pendiente de autorización y extracción de boletas. La tabla 1 y el hallazgo 1 son aritmética propia con supuestos declarados (COP 3, 4,380 h, factor de carga 60 %) y el piso de generación de [5], que excluye transmisión, distribución y demanda. Los rangos de FEMP [3][4] provienen de instalaciones federales de EE. UU.

Siguiente paso

# ESTUDIO DE EFICIENCIA DE SU INSTALACIÓN

Una visita técnica produce el plan de medición, la línea base de consumo por sistema, la lista de cargas fantasma y el orden de inversiones con su costo y su ahorro estimado, por escrito.

WhatsApp +504 9438-6972

Correo [atencioncomercial@ingelmec.com](mailto:atencioncomercial@ingelmec.com)

Respuesta Menos de 24 h

Averías 24×7×365

Sedes Tegucigalpa y San Pedro Sula



Escanee para escribir por  
WhatsApp

**Ingelmec** (Inversiones Generales de Máquinas y Equipos de Control S. de R.L.) diseña, suministra, instala y mantiene infraestructura crítica en Honduras desde 1987 — 39 años de operación continua, tres sedes y 2,410 TR en 13 casos documentados. Energía de respaldo, climatización de precisión, centros de datos, sistemas contra incendio, climatización comercial y evaporativa, y monitoreo BMS. Atención de averías 24×7×365, respuesta menor a 24 horas. **No vendemos cajas. Un solo responsable. La ingeniería que no se detiene.**