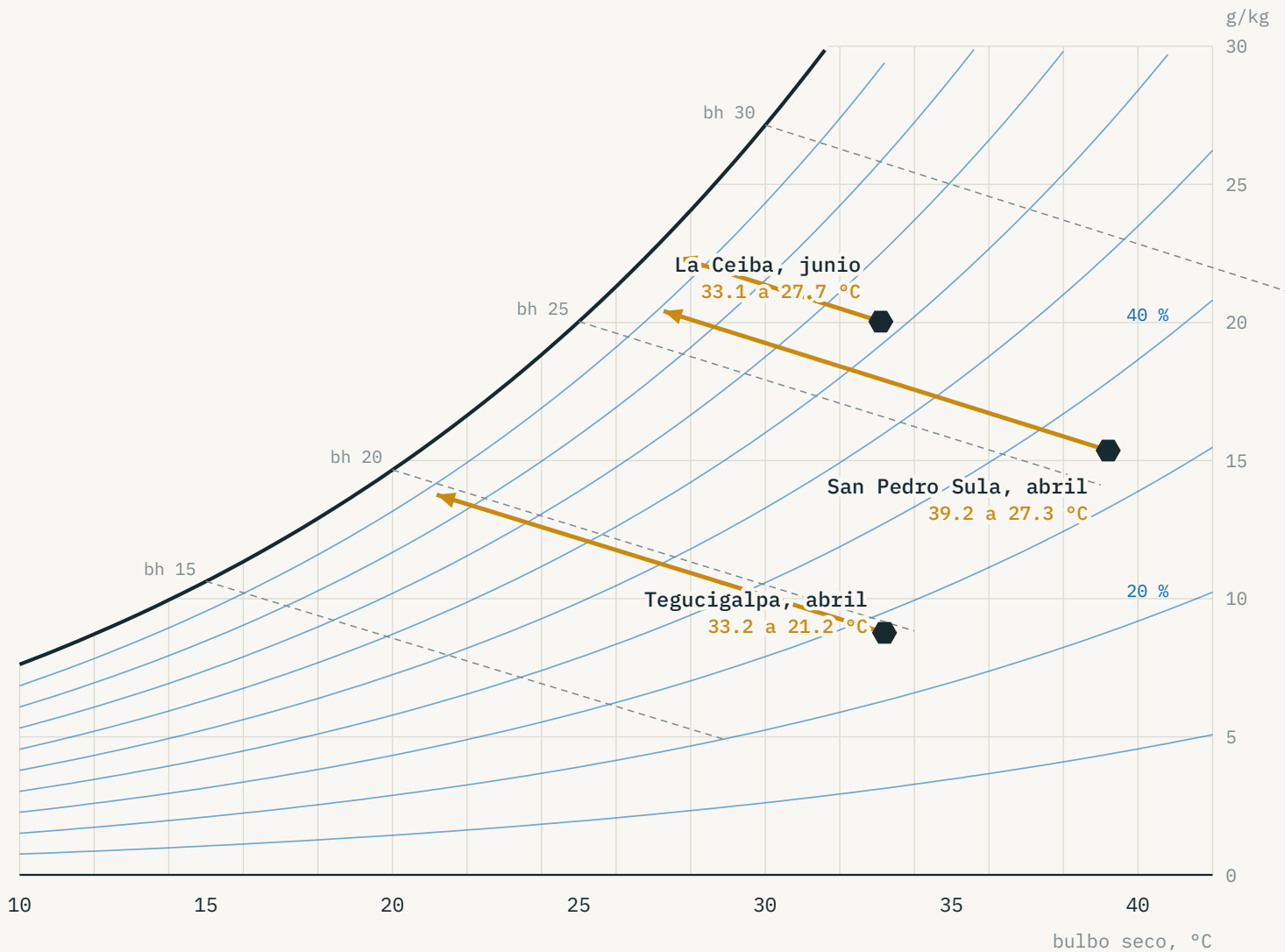




Carta psicrométrica, ASHRAE 2021

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO:

CUÁNDO SÍ Y CUÁNDO NO

La física del enfriamiento evaporativo cabe en una resta: bulbo seco menos bulbo húmedo. Con las condiciones de diseño ASHRAE de tres ciudades hondureñas, este documento calcula dónde rinde como la ficha y dónde solo alivia.

RESUMEN EJECUTIVO

[5] Seeley International, «Evaporative Air Conditioning Benefits»

Un enfriador evaporativo directo baja la temperatura del aire exterior evaporando agua en paneles húmedos. Cuánto la baja depende de una sola resta: la temperatura de bulbo seco menos la de bulbo húmedo, llamada depresión de bulbo húmedo. Con aire seco la resta es grande y el equipo enfría como su ficha; con aire húmedo la resta es pequeña y el equipo ventila con un enfriamiento modesto. El propio fabricante lo advierte: con alta humedad y alta temperatura simultáneas, el evaporativo puede no ser la solución más efectiva [5].

[1] ASHRAE, Climatic Design Conditions 2021, estación Tegucigalpa Toncontín

[2] ASHRAE, Climatic Design Conditions 2021, estación San Pedro Sula

[3] ASHRAE, Climatic Design Conditions 2021, estación La Ceiba Golosón

[4] Seeley International, folleto Breezair ICON EXQ

Este documento aplica esa resta a las condiciones de diseño publicadas por ASHRAE para tres estaciones hondureñas [1] [2] [3] y a la eficiencia de saturación de 89 % con que Breezair construye su tabla de descarga [4]. El resultado es un mapa honesto: en Tegucigalpa, la salida estimada en las horas calientes de abril es de 21.2 °C; en La Ceiba, en junio, de 27.7 °C.

13.5 K

Depresión de bulbo húmedo en Tegucigalpa, abril, condición 0.4 %

● ASHRAE [1]

6.1 K

Depresión en La Ceiba, junio: menos de la mitad que en el interior

● ASHRAE [3]

89 %

Eficiencia de saturación de la tabla de descarga Breezair

● Seeley International [4]

21.2 °C

Salida estimada en Tegucigalpa con 33.2 °C exteriores

● Cálculo propio sobre [1] [4]

La tesis en una línea

El evaporativo se decide con el bulbo húmedo de su ciudad: en el interior seco enfría, en la costa húmeda alivia, y cada uso necesita su propia meta de temperatura.

02

Introducción

LA MISMA MÁQUINA, CON LA MISMA FICHA, ENTREGA AIRE A TEMPERATURAS DISTINTAS EN CADA SITIO.

EL PROBLEMA, DIMENSIONADO

El responsable de instalaciones que evalúa un enfriador evaporativo recibe dos mensajes opuestos. El fabricante publica consumos bajos y ahorros de hasta 80 % frente a la refrigeración, con supuestos declarados [5]; el vecino que lo instaló en la costa dice que «no enfría». Ambos pueden tener razón, porque el equipo responde al aire que recibe.

Honduras concentra los dos extremos en pocos kilómetros. Las condiciones de diseño ASHRAE 2021 muestran que en abril, en las horas más calientes, Tegucigalpa registra 33.2 °C de bulbo seco con 19.7 °C de bulbo húmedo coincidente [1]; San Pedro Sula, 39.2 °C con 25.8 °C [2]; y La Ceiba, en junio, 33.1 °C con 27.0 °C [3]. La misma máquina, con la misma ficha, entrega aire a temperaturas distintas en cada sitio.

La decisión mal tomada cuesta en ambos sentidos. Instalar evaporativo donde la humedad lo anula deja una nave caliente y húmeda; descartarlo en el interior seco renuncia a la herramienta de menor consumo por kilovatio de enfriamiento disponible en el mercado. La resta de bulbos resuelve la mayor parte de la discusión antes de cotizar.

03

Contexto

PSICROMETRÍA APLICADA EN UNA RESTA

BULBO SECO, BULBO HÚMEDO Y DEPRESIÓN

La temperatura de bulbo seco es la que marca un termómetro común. La de bulbo húmedo es la que marca un termómetro con su bulbo envuelto en una tela mojada y ventilada: desciende mientras el aire pueda absorber agua. La diferencia entre ambas, la depresión de bulbo húmedo, es el enfriamiento máximo que un proceso evaporativo directo puede lograr.

EFICIENCIA DE SATURACIÓN

Ningún panel alcanza el bulbo húmedo. La eficiencia de un enfriador directo mide qué fracción de la depresión logra: con eficiencia del 100 %, la temperatura de salida igualaría el bulbo húmedo de entrada [6]. La temperatura de salida se estima entonces como **bulbo seco – eficiencia × (bulbo seco – bulbo húmedo)**. Breezair calcula su tabla de descarga con 89 % de eficiencia de saturación [4]; ese valor se usa en todos los cálculos de este documento.

Breezair



Breezair TBSI: enfriador evaporativo directo con motor inverter. Imagen: Seeley International, página «Breezair evaporative cooling for Europe», consultada en 2026.

[6] EnergyPlus Engineering Reference, sección 16.3 «Evaporative Coolers»

[7] Seeley International, «Breezair evaporative cooling for Europe»

EL AGUA QUE ENFRÍA TAMBIÉN HUMEDECE

El proceso conserva la energía del aire: lo que pierde en temperatura lo gana en humedad. El aire de salida sale más frío y más húmedo, sobre la misma línea de bulbo húmedo. En un espacio abierto con suficiente salida de aire, esa humedad se evacua; en un recinto cerrado, se acumula. Por eso un enfriador evaporativo trabaja con 100 % de aire exterior y necesita rutas de salida dimensionadas [7].

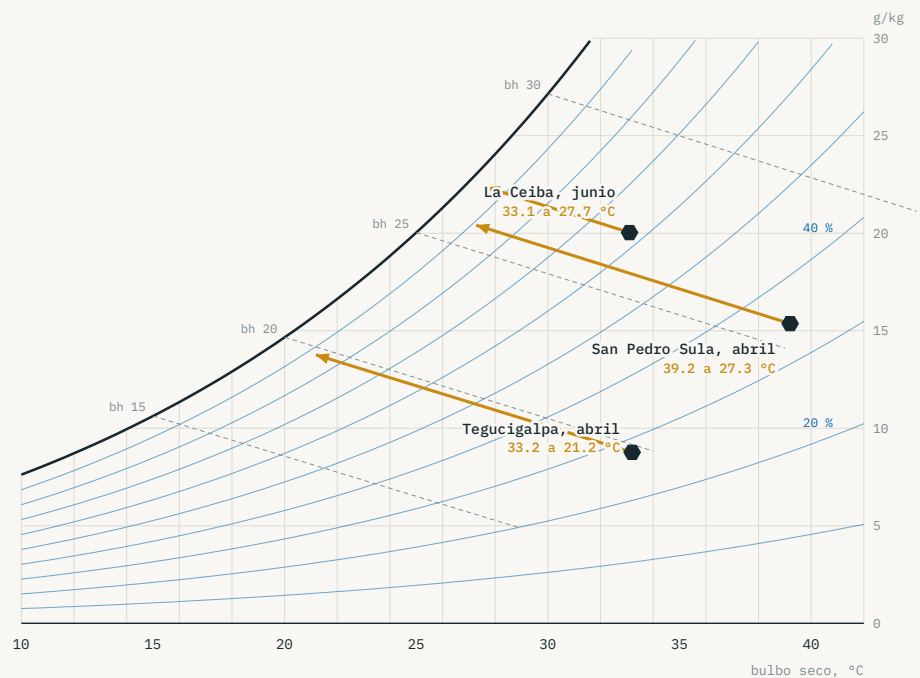


Figura 1. Carta psicrométrica a nivel del mar: cada flecha sigue la línea de bulbo húmedo desde la condición de diseño hasta la salida con 89 % de eficiencia. Datos: ASHRAE 2021 [1][2][3]; Breezair [4]. Elaboración propia.

DIRECTO E INDIRECTO

El enfriador indirecto separa el aire que se evapora del aire que se suministra mediante un intercambiador de flujo cruzado o contraflujo; el aire suministrado se enfría sin ganar humedad [8]. Es una alternativa para sitios húmedos, con otro costo y otra ficha; este documento se concentra en el directo.

[8] Seeley International, «Frequently Asked Questions»

TRES ERRORES FRECUENTES

- **Leer la capacidad de ficha como capacidad en sitio.** La capacidad se mide bajo AS 2913 a 38 °C de bulbo seco y 21 °C de bulbo húmedo: 17 grados de depresión [4].
- **Usar promedios mensuales.** La decisión se toma con las horas calientes, cuando el personal sufre, y con su bulbo húmedo coincidente.

CRITERIO DE DECISIÓN EN CINCO PASOS

Metodología

Ingelmec decide cada proyecto evaporativo con cinco pasos y datos públicos de clima. El método produce, para cada sitio, una temperatura de salida esperada y una comparación con la meta del espacio.

1

CONDICIÓN DE DISEÑO DEL SITIO.

Bulbo seco de 0.4 % con su bulbo húmedo coincidente, por mes, y bulbo húmedo de evaporación de la estación ASHRAE más cercana [1] [2] [3].

2

TEMPERATURA DE SALIDA ESPERADA.

Bulbo seco – $0.89 \times \text{depresión}$, con la eficiencia de la tabla Breezair [4], para el mes más caliente y para la condición húmeda de diseño.

3

META DEL ESPACIO.

Confort de oficina, alivio térmico en nave de producción o ventilación de bodega: cada uso tolera una temperatura de salida distinta.

4

CAUDAL Y SALIDAS DE AIRE.

Renovaciones por hora según la carga térmica y área libre de salida equivalente, porque el sistema trabaja con 100 % de aire exterior [7].

5

AGUA Y ALTERNATIVA.

Disponibilidad y calidad del agua, purga y tratamiento; si la salida esperada no cumple la meta, evaluación de indirecto o refrigeración para esa zona [8].



Breezair EXS 220: enfriador evaporativo de ventilador centrífugo, para sistemas con ductos de alta presión estática. Imagen: Seeley International, página «Breezair evaporative cooling for Europe», consultada en 2026.

Tabla 1

SALIDA ESTIMADA CON CONDICIONES DE DISEÑO ASHRAE

Estación y condición	Bulbo seco	Bulbo húmedo	Depresión	Salida estimada
Tegucigalpa, abril, 0.4 %	33.2 °C	19.7 °C	13.5 K	21.2 °C
San Pedro Sula, abril, 0.4 %	39.2 °C	25.8 °C	13.4 K	27.3 °C
San Pedro Sula, evaporación 0.4 %	32.7 °C	28.7 °C	4.0 K	29.1 °C
La Ceiba, junio, 0.4 %	33.1 °C	27.0 °C	6.1 K	27.7 °C
La Ceiba, agosto, 0.4 %	33.0 °C	27.2 °C	5.8 K	27.8 °C

Datos: ASHRAE 2021 [1][2][3]; salida = bulbo seco - 0.89 × depresión, con la eficiencia de Breezair [4]. Cálculo propio.

HALLAZGOS: TRES CLIMAS, TRES RESPUESTAS

Análisis con evidencia propia

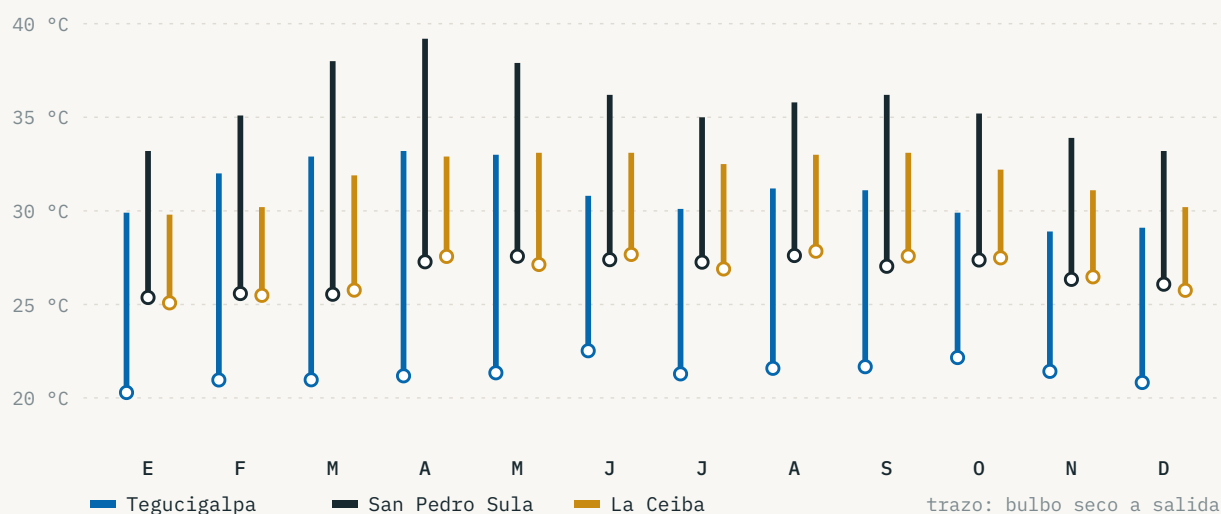


Figura 2. Doce meses, tres ciudades: cada trazo baja del bulbo seco de 0.4 % a la salida estimada con 89 % de eficiencia. Datos: ASHRAE 2021 [1][2][3]; Breezair [4]. Cálculo propio.

1

Hallazgo 1

TEGUCIGALPA ENFRÍA COMO LA FICHA

Con depresiones de 8.4 a 13.5 K en las horas calientes de todo el año [1], la salida estimada se mantiene entre 20.3 y 22.5 °C. Es temperatura de confort para naves, bodegas y espacios comerciales abiertos, con el consumo de un ventilador y una bomba. En el interior seco del país, el evaporativo directo compete como alternativa de climatización.

2

Hallazgo 2

SAN PEDRO SULA ALIVIA MUCHO EN LAS HORAS SECAS Y POCO EN LAS HÚMEDAS

En abril, a 39.2 °C, el equipo baja casi 12 grados y entrega 27.3 °C [2]. Con la condición húmeda de diseño, la salida queda en 29.1 °C. Para una nave de producción que hoy opera por encima de los 35 °C, es un alivio medible; para una oficina con meta de 24 °C, no alcanza. El valle de Sula pide evaporativo para la planta y refrigeración para el recinto administrativo.

3

Hallazgo 3

EN LA CEIBA EL EVAPORATIVO ES VENTILACIÓN CON ALIVIO

Las depresiones de 5.0 a 6.9 K de todo el año [3] limitan la salida a 25.1–27.8 °C. Si el enfriamiento sensible crece con la depresión, la capacidad real ronda un tercio de la que se mide con los 17 K del ensayo AS 2913 [4]. En la costa, el equipo se justifica por el movimiento de aire y el aire exterior renovado, en zonas de trabajo con calor de proceso; su capacidad de ficha no aplica.

4

Hallazgo 4

LA HUMEDAD DECIDE EL USO

Seeley International lo dice en su propia página: con humedad y temperatura altas a la vez, el evaporativo puede no ser la opción más efectiva, y en climas húmedos su aporte viene del caudal de aire [5]. Ingelmec usa ese criterio del fabricante: en la costa se instala para alivio dirigido, con salidas de aire generosas, y nunca en recintos cerrados con meta de humedad.

06

Accionable

SEIS RECOMENDACIONES**PIDA LA RESTA ANTES QUE LA COTIZACIÓN.**

Bulbo seco y bulbo húmedo coincidente del mes más caliente en la estación ASHRAE más cercana; con eso se estima la salida en minutos [1] [2] [3].

FIJE LA META POR USO.

Confort, alivio o ventilación: el mismo equipo es acertado en una nave y equivocado en una oficina del mismo edificio.

EN LA COSTA, USE EL EVAPORATIVO PARA ALIVIO DIRIGIDO.

Inyección sobre puestos de trabajo con calor de proceso y refrigeración para los recintos con meta de humedad [5].

CALCULE CON 89 % Y CON LA CONDICIÓN HÚMEDA.

La salida en abril y la salida en el bulbo húmedo de evaporación delimitan el rango real del equipo [4].

DIMENSIONE LAS SALIDAS DE AIRE.

Con 100 % de aire exterior, cada metro cúbico que entra necesita un camino de salida; sin él, la humedad se queda [7].

INCLUYA AGUA Y MANTENIMIENTO EN EL COSTO.

Calidad del agua, purga, limpieza de paneles y contrato de mantenimiento con el mismo responsable de la instalación.

07

Cierre

CONCLUSIÓN

El enfriamiento evaporativo es la herramienta de menor consumo por kilovatio de enfriamiento cuando el aire está seco, y una herramienta de ventilación con alivio cuando está húmedo. Con las condiciones de diseño

ASHRAE y la eficiencia de saturación de 89 % de Breezair [1] [2] [3] [4], la salida estimada va de 21.2 °C en Tegucigalpa a 27.8 °C en La Ceiba en las horas calientes. Ese rango define dónde conviene y para qué uso, antes de elegir el modelo.

08

Fuentes verificadas

REFERENCIAS

- 01** ASHRAE, Climatic Design Conditions 2021, estación Tegucigalpa Toncontín (WMO 787200): bulbo seco mensual de 0.4 % y bulbo húmedo coincidente (abril 33.2/19.7 °C), vía [ashrae-meteo.info](https://ashrae-meteo.info/v3.0/index.php?lat=14.06&lng=-87.22&place=%27%27&wmo=787200&ashrae_version=2021&si_ip=SI).
- 02** ASHRAE, Climatic Design Conditions 2021, estación San Pedro Sula (WMO 787080): enfriamiento anual 0.4 % de 36.8/25.9 °C; evaporación 0.4 % de 28.7 °C de bulbo húmedo con 32.7 °C coincidentes; abril 39.2/25.8 °C.
- 03** ASHRAE, Climatic Design Conditions 2021, estación La Ceiba Golosón (WMO 787050): junio 33.1/27.0 °C, agosto 33.0/27.2 °C (bulbo seco 0.4 % y bulbo húmedo coincidente).
- 04** Seeley International, folleto Breezair ICON EXQ (EE. UU.): tabla de temperatura de descarga basada en 89 % de eficiencia de saturación; capacidad según AS 2913-2000 a 100.4 °F (38 °C) de bulbo seco y 69.8 °F (21 °C) de bulbo húmedo.
- 05** Seeley International, «Evaporative Air Conditioning Benefits»: ahorro de hasta 80 % frente a ciclo reverso con supuestos residenciales australianos; con humedad y temperatura altas simultáneas puede no ser la solución más efectiva; en clima húmedo aporta confort por caudal.
- 06** EnergyPlus Engineering Reference, sección 16.3 «Evaporative Coolers»: con un proceso directo de eficiencia 100 %, la temperatura de salida igualaría el bulbo húmedo de entrada.
- 07** Seeley International, «Breezair evaporative cooling for Europe»: 100 % de aire exterior; EXS 220 con ventilador centrífugo para ductos de alta presión estática; TBS 580 y TBSI 580 con sus caudales y consumos.
- 08** Seeley International, «Frequently Asked Questions» (EMEA): el enfriador indirecto usa un intercambiador de contraflujo patentado que separa el aire de evaporación del aire suministrado.

Citas pendientes declaradas

Las salidas son estimaciones propias con 89 % de eficiencia [4][6]; la real depende del panel, del caudal y del mantenimiento. El tercio de capacidad en La Ceiba supone enfriamiento sensible proporcional a la depresión. La carta se dibuja a presión de nivel del mar; Tegucigalpa está cerca de 1,000 m. Consumo de agua por modelo: sin dato publicado.

Siguiente paso

EVALUACIÓN PSICROMÉTRICA DE SU SITIO

Una visita técnica produce la temperatura de salida esperada con los datos climáticos de su localidad, el caudal y las salidas de aire necesarias, el consumo de agua y la comparación con la alternativa refrigerada, por escrito.

WhatsApp	+504 9438-6972
Correo	atencioncomercial@ingelmec.com
Respuesta	Menos de 24 h
Averías	24x7x365
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 24x7x365, respuesta menor a 24 horas. **No vendemos cajas. Un solo responsable. La ingeniería que no se detiene.**