ANÁLISIS DE VENTILACIÓN CUARTO DE GENERADORES 2×AC1000 + 1×P110-6

GRUPO EMPRESARIAL
E INGENIERIA

Temario:

Recomendaciones de Instalación Para Gensets

- Referencia; T030 (Manual de Aplicaciones para Gensets, con Refrigerante Liquido)
- Análisis Cuarto de Generadores 2×AC1000 (KTA38-G2) + 1×P110-6 (Perkins)
- Balance de Energía
  - Ventilación del Cuarto
  - Importancia del Buen Diseño del Flujo de Aire en el Cabina
  - Calculo Para la Ventilación
  - Consideraciones para la Correcta Ventilación
  - Recirculación de Aire Resumen del Sistema de Ventilación

Referencia



- El material de esta presentación fue obtenido del manual de aplicaciones T-030 para Gensets, de Cummins Power Generation
- Una copia completa esta disponible en Power Suite o en: www.cumminspower.com

EQUIPOS INSTALADOS Y CONDICIONES DEL SITIO

- **2 × AC1000 (Tecnodiesel serie Cummins)**
  - Motor Cummins KTA38-G2 · 1000 kVA / 800 kW standby (ESP) · 60 Hz · 1800 rpm
  - Motor: 896 kW / 1200 BHP standby @ 1800 rpm (ficha técnica CCEC)
- **1 × P110-6 (FG Wilson)**
  - Motor Perkins 1104D-E44TAG2 · 110 kVA / 88 kW emergencia (datos de ficha técnica)
- Capacidad total instalada en emergencia: **1 688 kW**
- Condiciones del sitio: Bogotá · 2 550 msnm · $T_{EXTERIOR}$ = 20 °C
  - Temperatura máxima de admisión de aire al cuarto: 40 °C

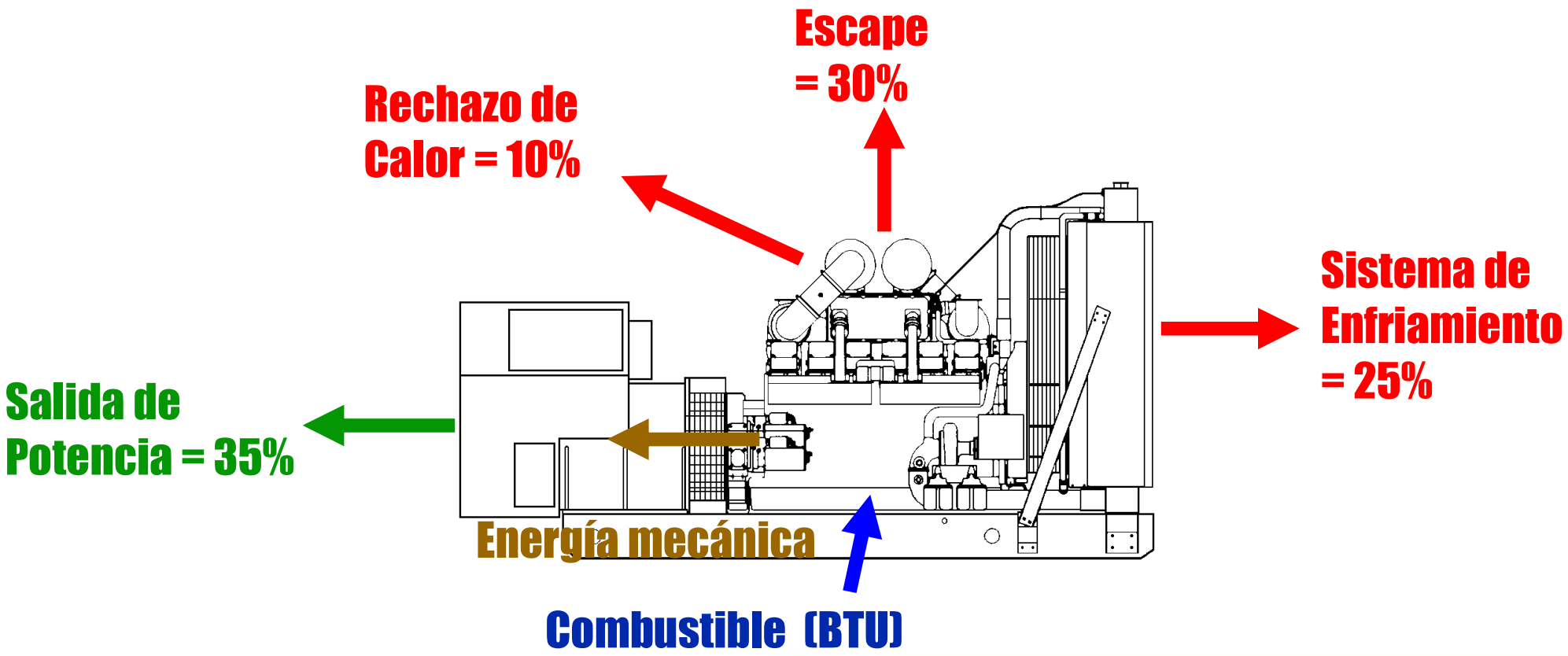
- **Rango de Potencia en Standby**
- La capacidad de potencia en Standby se aplica para energía de emergencia donde la energía se suministra por la duración de la interrupción de energía normal.
- Esta capacidad se aplica en instalaciones a las que les da servicio una fuente de servicio público normal confiable.

- Esta clasificación sólo es aplicable a cargas variables con un factor de carga promedio de 70 por ciento durante 24 horas de la capacidad Standby por un máximo de 200 horas de operación por año.
- En instalaciones donde la operación es probable que exceda las 200 horas por año a carga variable o 25 horas por año al 100% de la capacidad, la capacidad de potencia primaria deberá ser aplicada.
- La capacidad Standby sólo es aplicable en emergencia y Standby donde el conjunto generador sirve como respaldo a la fuente de servicio público normal.
- Con esta capacidad no se permite la operación sostenida en paralelo con el servicio.

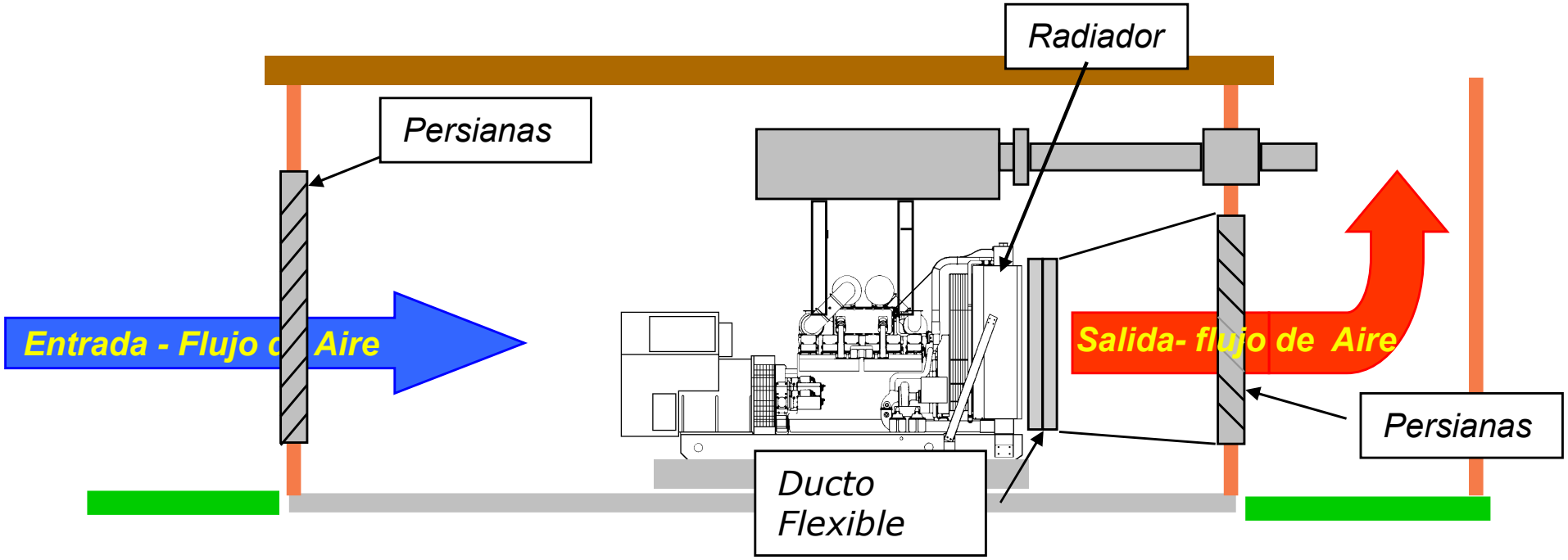
- **Carga/Capacidad Mínima del Motogenerador**
- Operar un conjunto generador bajo carga ligera puede conducir a daño en el motor y reducir la confiabilidad del conjunto generador.
- Cummins Power Generation no recomienda operar
- conjuntos generadores con menos del 30% de la carga nominal , Se deben usar bancos de carga para complementar las cargas regulares cuando la carga cae abajo del valor recomendado.
- Un conjunto generador no debe operar a menos del 10% de la carga nominal durante ningún periodo prolongado.

Balance de energía en el Genset

- El motor utiliza combustible para crear:
  - Energía mecánica = Potencia eléctrica
  - Calor (Escape, Enfriamiento, Radiación)



Ventilación del Cuarto

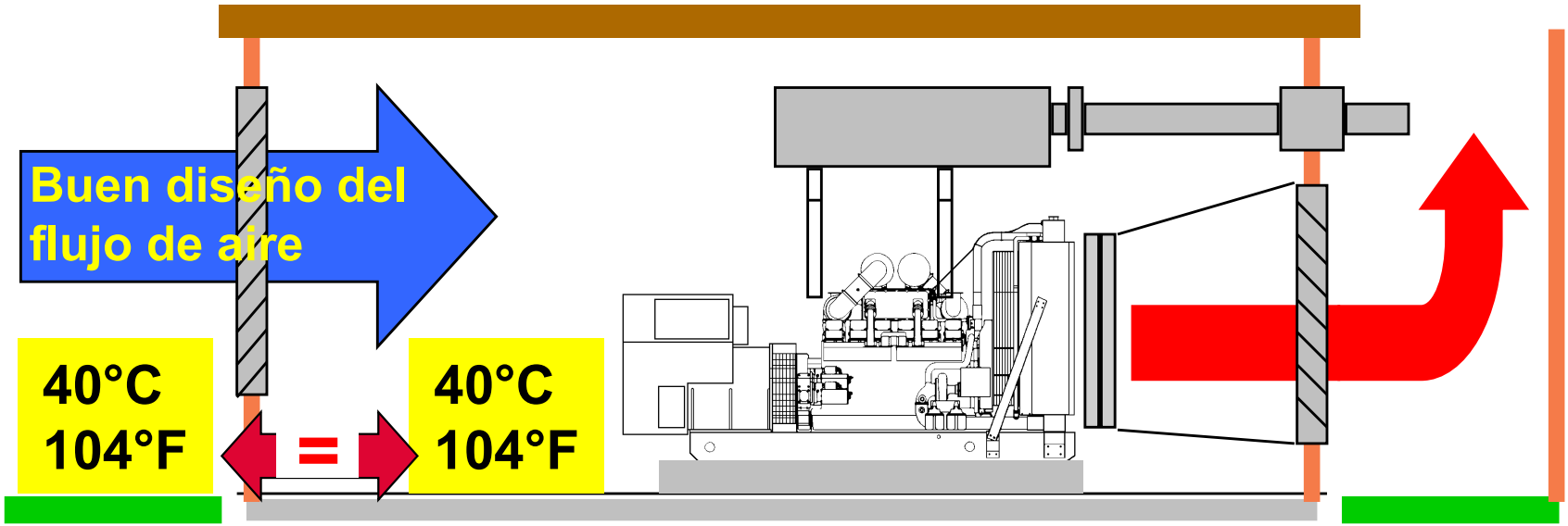


- **Sistema de Ventilación:**
  - Proporciona el aire para la combustión del motor
  - Proporciona el aire de enfriamiento para el alternador
  - Remueve el calor de la habitación
  - Enfría el motor vía radiador

¡El diseño de la ventilación es factor clave para el funcionamiento apropiado!

Importancia del buen diseño del flujo de aire

- Un buen diseño a través del flujo de aire es el que mantiene la temperatura ambiente en la parte trasera del Genset
- Cualquier cosa que no sea considerada en el diseño; hará que la temperatura del aire sea más alta y afectara el desempeño del sistema de enfriamiento



Resumen del sistema de Ventilación

- Compruebe:
  - ☑ Área suficientemente abierta para la entrada y salida de aire?
  - ☑ Diseño en “línea recta”
  - ☑ Evite la Recirculación de Aire - Posibilidad de un "cortocircuito“
  - ☑ Revise la dirección del viento predominante (¿necesidad de barreras?)
  - ☑ Otras fuentes de calor en el sitio (Ejem: escapes sin aislante, calderas, otros motores)
  - ☑ Ubicación de la Descarga el aire de la ventilación
  - ☑ Evite la admisión de Lluvia y Polvo

- Recuerde:
  Diferentes Motores = Diferentes Requerimientos
  - Mas KW = Mas flujo de aire (Incluso si el motor es del mismo tamaño)
  - Los Sistemas de 2 flujos requieren más flujo de aire.
  - Los sistemas de enfriamiento Aire-Aire no pueden ser aplicados en forma remota

¡Cerciórese de que las "unidades" estén correctas!

Calculo para la Ventilación

$$Q = m^{*}c_p{}^{*}\Delta T^{*}d$$

Q = Rechazo de Calor del genset y otras fuentes (BTU/Min)

m = Flujo de Aire en el Cuarto (cfm)

c_p = Calor Especifico, a Presión Constante 0.241 (BTU/lb-°F)

ΔT= Elevación de Temperatura en el cuarto, sobre la temperatura ambiente (°F)

d = Densidad del Aire, (0.0754 lb/ft3)

$$'m = \frac{Q}{Cp * \Delta T * d} = \frac{(BTU/min)}{(0.241\ BTU/lb\text{-}°F)(0.0754\ lb/ft3)(\Delta T)} = \frac{55*Q}{\Delta T}$$

$$\Delta T = \frac{Q}{m * Cp * d} = \frac{(BTU/min)}{(cfm)(0.241\ BTU/lb\text{-}°F)(0.0754\ lb/ft3)} = \frac{55*Q}{cfm}$$

CALOR EMITIDO AL CUARTO

- El calor emitido al cuarto por los tres grupos electrógenos se calculó con la siguiente fórmula:
- $\mathbf{Q_{TOT}} = 2 \times (Q_{GS} + Q_P + Q_M)_{AC1000} + (Q_{GS} + Q_P + Q_M)_{P110\text{-}6}$
  - Q_{GS}: calor emitido por el grupo electrógeno (motor + alternador) · Q_P: calor irradiado por la tubería · Q_M: calor irradiado por el silenciador
- **Cada AC1000 (Cummins KTA38-G2, standby @ 1800 rpm):**
  - Q_{GS} = 7 720 (motor, ficha técnica) + 2 900 (alternador, $\eta \approx 94$ %) = 10 620 BTU/min
  - Q_P = 3 228 BTU/min · Q_M = 1 944 BTU/min → 15 792 BTU/min por unidad
- **P110-6 (Perkins 1104D-E44TAG2, emergencia):**
  - Q_{GS} = 1 280 BTU/min (motor + alternador, ficha técnica)
  - $Q_P + Q_M \approx$ 415 BTU/min (proporcional al caudal de escape) → 1 695 BTU/min
- **Q_{TOT} = 2 × 15 792 + 1 695 = 33 280 BTU/min ≈ 585 kW**

MÁXIMA ELEVACIÓN DE TEMPERATURA ACEPTABLE

- La elevación de temperatura máxima aceptable en el cuarto es:
  - $\Delta T = MAXT_{CUARTO} - T_{EXTERIOR}$
  - $\Delta T = 40\ °C - 20\ °C$ (Bogotá)
  - **$\Delta T = 20\ °C = 36\ °F$**
- Por la altitud del sitio (2 550 msnm) se corrige la densidad del aire:
  - $d = 0.055\ lb/ft^3$ ($0.88\ kg/m^3$) vs $0.075\ lb/ft^3$ a nivel del mar

CRITERIO DE DISEÑO: 40 °C Y DERRATEO

- El criterio es correcto — según la ficha del KTA38-G2, 40 °C es la temperatura máxima del aire al motor sin derrateo (válido hasta 1 500 msnm):
  - Por encima de 40 °C: −1 % por cada 10 °F ≈ −2 % por cada 11 °C de incremento ✓
  - Por altitud (efecto independiente y siempre presente): −4 % por cada 300 m sobre 1 500 m
  - Bogotá (2 550 msnm) → ≈ −14 %: AC1000 de 800 → ≈ 690 kWe disponibles aun con aire ≤ 40 °C
- **El ΔT del cuarto (20 °C) y el ΔT del radiador (41 / 20 °C) son conceptos distintos:**
  - ΔT cuarto = criterio de diseño (40 − 20 °C) para dimensionar caudal y rejillas; aplica por igual a los 3 equipos
  - ΔT radiador = resultado físico de cada máquina: $\Delta T = Q_{RECH} / (\dot{m} \cdot c_P)$
    - AC1000: 591 kW / 14.2 kg/s → 41 °C · P110-6: 55 kW / 2.8 kg/s → 20 °C
    - Que el radiador del P110-6 dé 20 °C igual que el ΔT del cuarto es una coincidencia numérica

EFECTO DE LA ALTITUD: POR QUÉ EL AIRE SE CALIENTA ≈ 35 % MÁS

- En Bogotá la presión atmosférica es 74.2 kPa vs 101.3 kPa a nivel del mar → cada m³ de aire tiene ≈ 27 % menos masa (ρ ≈ 0.88 vs 1.20 kg/m³ a 20 °C)
- Los ventiladores y rejillas mueven VOLUMEN (m³/min); el calor lo absorbe la MASA (kg/s):
  - $\Delta T = Q / (\rho \cdot \dot{V} \cdot c_P)$ → mismo caudal y mismo calor con 27 % menos masa: $\Delta T \times 1/0.73 \approx +37$ %
  - Radiador del AC1000: ≈ 30 °C a nivel del mar → ≈ 41 °C en Bogotá
  - Por la misma razón el cuarto exige más m³/min: se usó d = 0.055 lb/ft³ y no 0.075
- Es el mismo principio del derrateo del motor: menos masa de O_2 por m³ aspirado
- La presión que entrega el ventilador también cae con ρ → ductos y persianas de baja pérdida (restricción externa ≤ 13 mm H_2O)

DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE AIRE REQUERIDO

- **Flujo para remover el calor del cuarto:**
  - $V_{CUARTO} = Q_{TOT} / (c_P \cdot \Delta T \cdot d)$
  - $V_{CUARTO} = 33\,280 / (0.241\ \text{BTU/lb·°F} \times 36\ \text{°F} \times 0.055\ \text{lb/ft}^3)$
  - $V_{CUARTO} = 69\,743\ \text{cfm} \approx 1\,975\ \text{m}^3\text{/min}$

- **Aire de combustión de los motores (fichas técnicas):**
  - $V_{COMB} = 2 \times 82.1$ (KTA38-G2: 2 900 cfm c/u) + 6.7 (P110-6) ≈ 171 m³/min

- **Flujo total de ventilación:**
  - $\mathbf{V_{TOT}} = V_{CUARTO} + V_{COMB} = 1\,975 + 171 =$ **2 146 m³/min ≈ 75 780 cfm**

AIRE DE RADIADORES Y CAUDAL DE DISEÑO

- Los radiadores toman aire del cuarto y lo descargan al exterior por ducto; las rejillas de entrada deben suministrar también este caudal:
  - V_{RAD} = 2 × 1 032 (KTA38: 17.2 m³/s @ 60 Hz, ficha KTA38-G14) + 201 (P110-6)
  - V_{RAD} = 2 265 m³/min ≈ 80 000 cfm

- El caudal de diseño es el mayor entre remoción de calor y radiadores + combustión:
  - V_{TOT} = 2 146 m³/min
  - $V_{RAD} + V_{COMB}$ = 2 265 + 171 = 2 436 m³/min ← gobierna el diseño

- **$V_{DISEÑO}$ = 2 436 m³/min ≈ 86 030 cfm**

- Verificación: con este caudal, la elevación de temperatura del cuarto es ΔT ≈ 16 °C < 20 °C ✓

TEMPERATURA DEL AIRE A LA SALIDA DEL RADIADOR

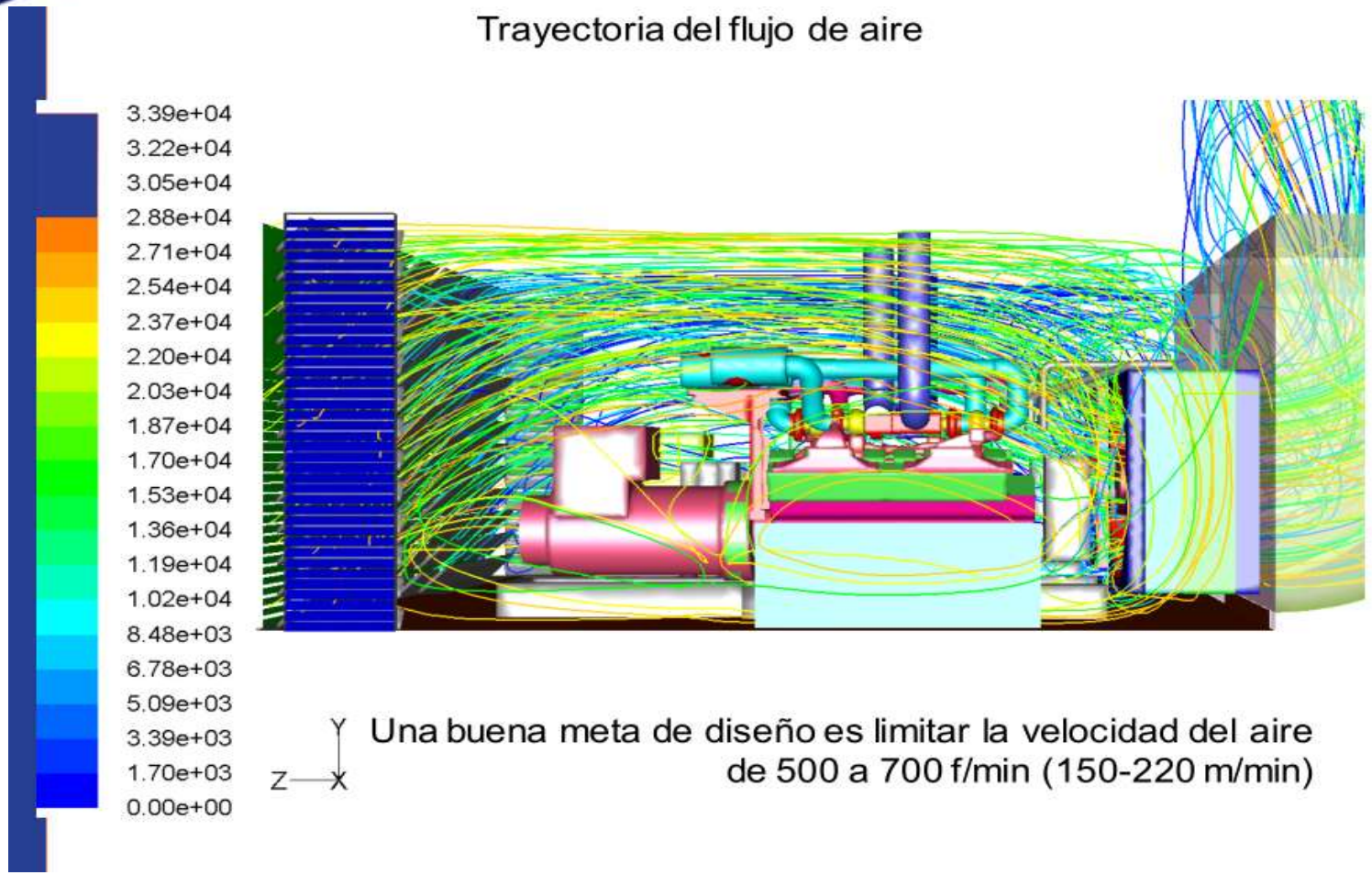
- El aire entra al radiador a la temperatura del cuarto y absorbe el calor rechazado al refrigerante más el trabajo del ventilador:
  - $T_{SALIDA} = T_{CUARTO} + Q_{RECH} / (\dot{m} \cdot c_P)$ · ρ del aire a 40 °C y 74.2 kPa (2 550 msnm) ≈ 0.83 kg/m³

- **AC1000 (Cummins KTA38-G2, 100 % carga standby):**
  - Q_{RECH} = 549 kW al refrigerante (31 200 BTU/min, ficha técnica) + 42.5 kW del ventilador ≈ 591 kW
  - $\dot{m}$ = 17.2 m³/s × 0.83 kg/m³ ≈ 14.2 kg/s
  - ΔT_{RAD} = 591 / (14.2 × 1.007) ≈ 41 °C → **T_{SALIDA} ≈ 40 + 41 ≈ 81 °C**

- **P110-6 (Perkins 1104D-E44TAG2, 100 % carga emergencia):**
  - Q_{RECH} = 51.9 kW (ficha) + 2.8 kW del ventilador ≈ 55 kW · $\dot{m}$ = 3.35 m³/s × 0.83 ≈ 2.8 kg/s
  - ΔT_{RAD} ≈ 20 °C → **T_{SALIDA} ≈ 40 + 20 ≈ 60 °C**

- A nivel del mar el ΔT sería ≈ 30 °C; a 2 550 msnm el aire menos denso se calienta más

Implicaciones: ducto y persiana de descarga aptos para ≈ 85 °C; a carga parcial la temperatura es considerablemente menor



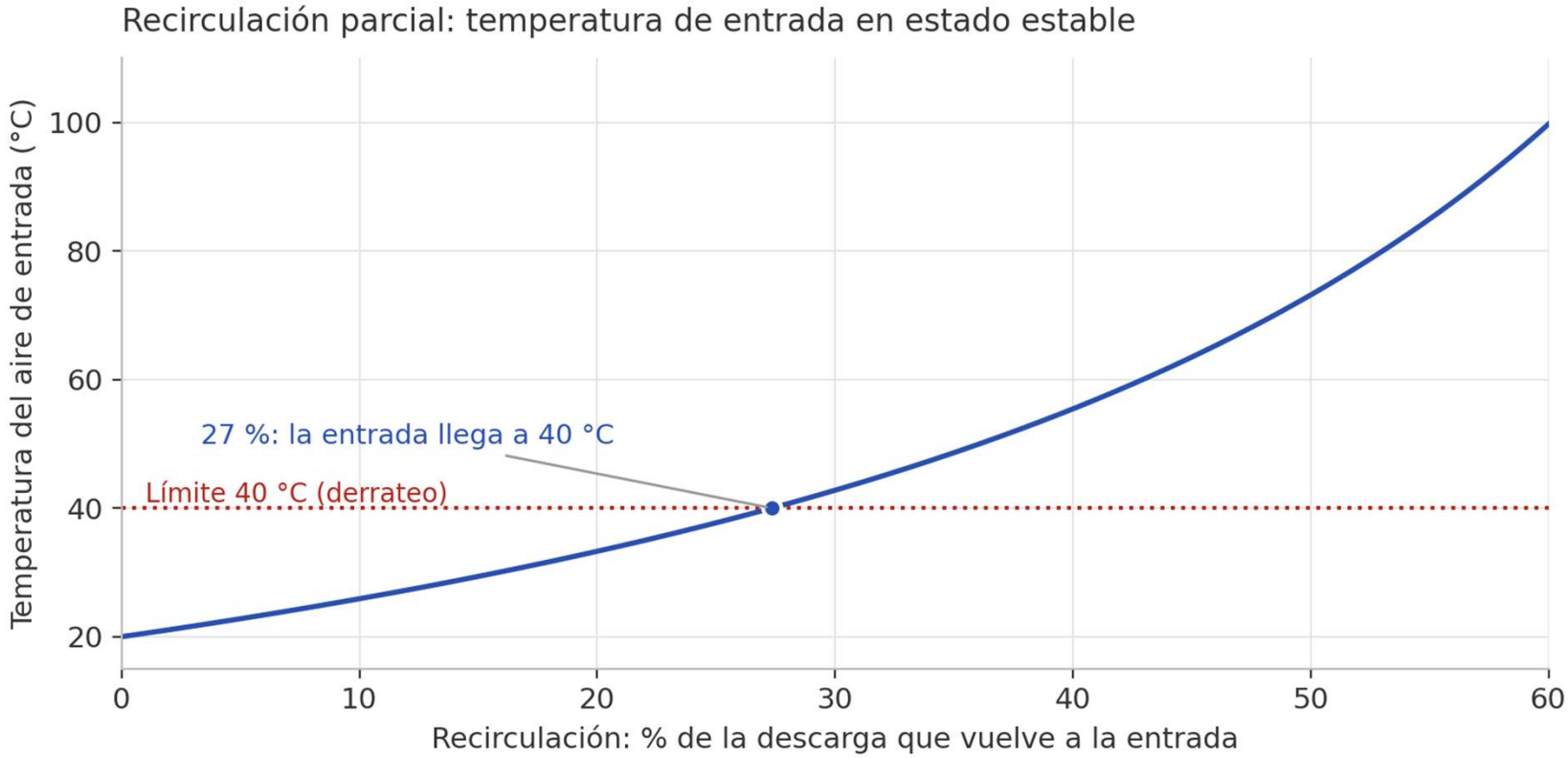
–Área libre de rejillas — una buena meta de diseño es limitar la velocidad del aire a 500–700 ft/min (150–215 m/min):

–A = $V_{DISEÑO}$ / S con S = 150 m/min

–$A_{ENTRADA}$ = 2 436 / 150 **≈ 16.3 m²**

–A_{SALIDA} (descarga radiadores) = 2 265 / 150 **≈ 15.1 m²**

RECIRCULACIÓN PARCIAL

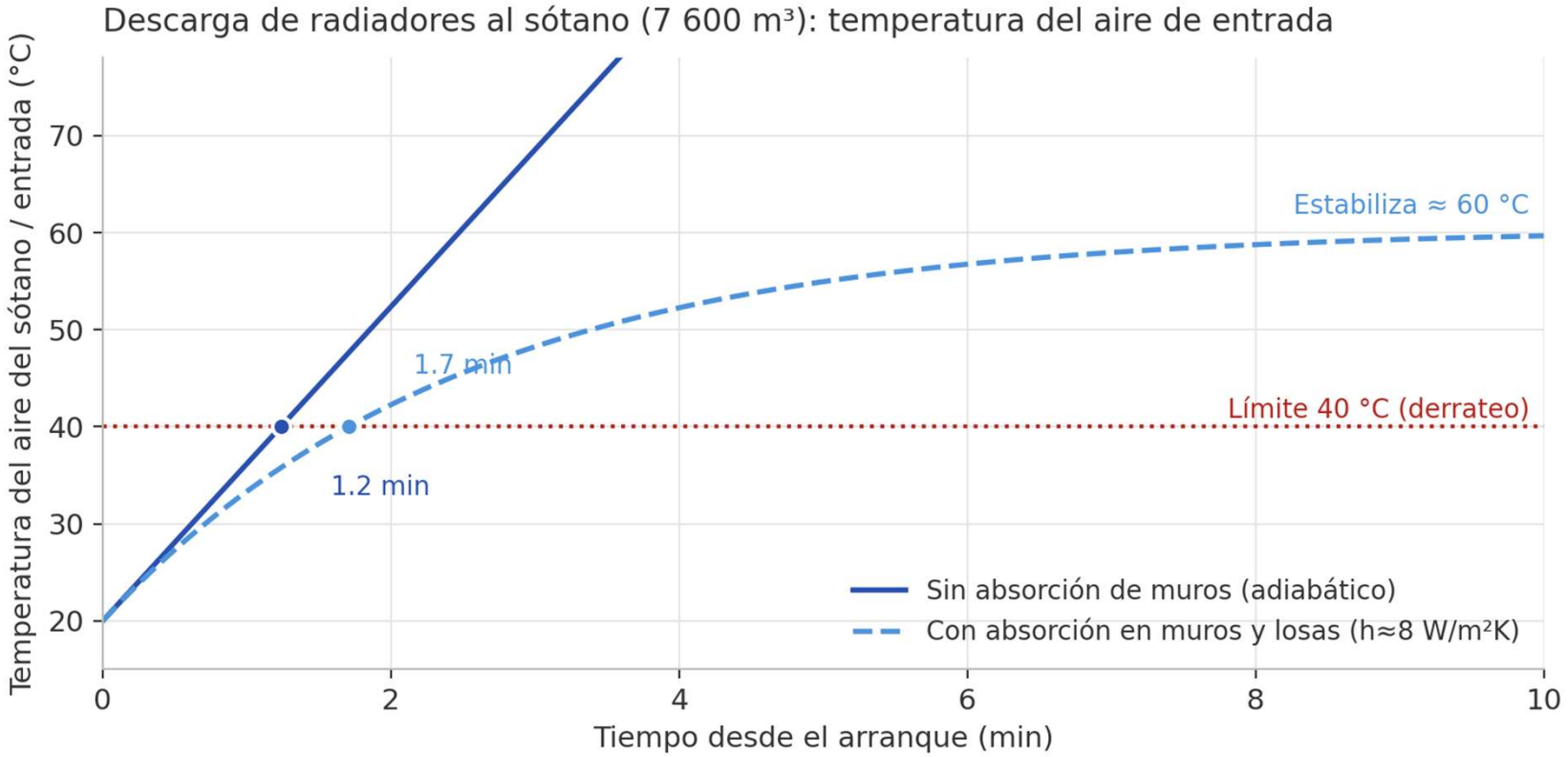


–$T_{ENTRADA} = T_{EXT} + f/(1-f) \times 53\ °C$ · 53 °C = elevación media de la descarga sobre el ambiente; f = fracción recirculada

–**Con solo ≈ 27 % de recirculación la entrada alcanza los 40 °C — el margen se agota rápido**

–Separar y sellar la entrada de la descarga; revisar viento dominante y barreras (checklist de la lámina 11)

DESCARGA AL SÓTANO:



–Cuarto de 10 × 13 × 3 m dentro de un sótano de 50 × 50 × 3.2 m: ≈ 7 600 m³ de aire (≈ 6 700 kg a 2 550 msnm)

–**Si la descarga (2 265 m³/min) se mezcla en el sótano entran ≈ 1 823 kW al aire: la entrada llega a 40 °C en 1.2 – 1.7 minutos y tiende a ≈ 60 °C**

–Conclusión: la toma y la descarga deben ductearse al exterior del sótano — el sótano no puede usarse como plenum de ventilación

RESUMEN DE RESULTADOS

- Calor total emitido al cuarto: Q_{TOT} ≈ 33 280 BTU/min (585 kW)
- Elevación de temperatura admisible: ΔT = 20 °C (36 °F) — 40 °C cuarto / 20 °C exterior
- Caudal de diseño de ventilación: **2 436 m³/min ≈ 86 030 cfm** (gobernado por radiadores + combustión)
- Área libre mínima de entrada de aire: **≈ 16.3 m²** (a 150 m/min)
- Área libre mínima de salida (descarga de radiadores): **≈ 15.1 m²**
- Considerar margen por pérdida de área efectiva en persianas (+25–40 %) y protección contra lluvia y polvo
- Aislar térmicamente la tubería de escape y el silenciador reduce Q_P y Q_M y el caudal requerido
- Nota: a 2 550 msnm el KTA38-G2 se derratea ≈ 4 % por cada 300 m sobre 1 500 m (≈ −14 %); verificar la carga máxima esperada del sitio
- Toma y descarga ducteadas al exterior del sótano: con 27 % de recirculación la entrada llega a 40 °C; descargando al sótano (7 600 m³) ocurre en menos de 2 minutos

GRUPO EMPRESARIAL

Gracias !!!

