



HVAC Suite

Manual de usuario y referencia técnica

Psicrometría, cargas térmicas, procesos de aire, ductos, redes y fan

Edición para HP Prime con interfaz automática **Español / English**.
Incluye guía práctica, fundamentos de cálculo, interpretación de resultados, ejemplos y límites de aplicación.

Edición de distribución - Octubre 2026

Documento orientado a usuarios finales

Aviso de uso y alcance

HVAC Suite es una herramienta de ingeniería para apoyo al cálculo y análisis HVAC en HP Prime. Los resultados deben revisarse con criterio profesional y, cuando corresponda, contrastarse con normas, especificaciones del proyecto, documentación del fabricante y procedimientos de diseño aplicables.

Importante

La aplicación no sustituye un diseño sellado, una selección de fabricante ni un análisis normativo completo. Los valores de rugosidad, coeficientes de accesorios, límites acústicos, curvas simplificadas de fan y factores de carga incorporados son referencias de cálculo. Cuando se disponga de datos certificados del fabricante o del proyecto, éstos tienen prioridad.

La documentación está escrita para explicar el comportamiento de la aplicación y el significado físico de sus entradas y salidas. No presupone que el usuario conozca los detalles internos del programa.

Índice

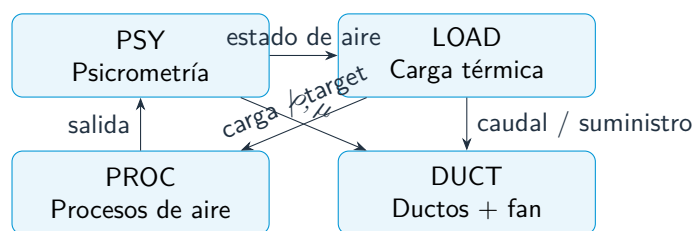
Aviso de uso y alcance	1
1. Qué es HVAC Suite	4
1.1. Filosofía de uso	4
1.2. Idioma	4
1.3. Unidades	4
2. Instalación y navegación	4
2.1. Instalación	4
2.2. Teclas de trabajo	5
2.3. Flujo recomendado	5
3. Inicio rápido	5
4. Módulo PSY - Psicrometría	5
4.1. Qué resuelve	5
4.2. Presión atmosférica	6
4.3. Ecuaciones principales	6
4.4. Resultados NUM	6
4.5. Carta psicrométrica Pro	6
5. Módulo LOAD - Carga térmica	7
5.1. Dos niveles de cálculo	7
5.2. Una zona: secuencia de entrada	7
5.3. Componentes de carga	7
5.4. LOAD Project Pro	7
5.5. Limitación del módulo de carga	8
6. Módulo PROC - Procesos de aire	8
6.1. Modos disponibles	8

6.2. Coil ADP/BF	8
6.3. Resultados	8
7. Módulo DUCT - Conceptos generales	9
7.1. Tipos de ducto	9
7.2. Criterio de dimensionamiento	9
7.3. Propiedades del aire	9
7.4. Rugosidad del material	9
7.5. Criterio acústico	9
8. Dimensionamiento comercial rectangular	9
8.1. Incremento rectangular	10
8.2. Modo Fijo	10
8.3. Modo Preferido	10
8.4. Modo Auto	10
8.5. Qué es AR	11
8.5.1. AR recomendado	11
8.5.2. AR máximo	11
8.6. Ejemplo de los tres modos	11
8.7. Series circulares	11
9. Pérdidas del tramo	12
9.1. Longitud recta	12
9.2. Longitud equivalente, L_{eq}	12
9.3. Coeficiente local K	12
9.4. Pérdida directa	12
10. Accesorios del tramo	12
10.1. Solo K manual	12
10.2. Biblioteca Pro	12
11. Fundamentos de cálculo de ductos	13
11.1. Velocidad y Reynolds	13
11.2. Factor de fricción	14
11.3. Presión de velocidad	14
12. Red de ductos	14
12.1. Topología por padres	14
12.2. Equal Friction	14
12.3. Static Regain	14
12.4. Camino crítico	15
12.5. Balanceo de ramas	15

13.Fan, componentes airside y punto de operación	15
13.1. Componentes externos	15
13.2. Eficiencias	15
13.3. Fan Laws	15
13.4. Curva simplificada del fan	15
14.Optimization Pro	16
14.1. Objetivos	16
14.2. Pareto	16
14.3. Aplicar recomendación	16
15.HVAC Center e integraciones	16
15.1. Dependencias y estado stale	17
16.Cómo leer NUM y PLOT	17
16.1. NUM	17
16.2. PLOT	17
17.Ejemplos guiados	17
17.1. Ejemplo A - Psicrometría	17
17.2. Ejemplo B - Ducto rectangular comercial	17
17.3. Ejemplo C - Pérdidas del tramo	17
18.Criterio acústico de velocidad	18
19.Buenas prácticas de diseño con la aplicación	18
20.Límites y supuestos	18
21.Solución de problemas	19
22.Glosario	19
23.Referencia rápida de DUCT	20
24.Notas de distribución	20

1 Qué es HVAC Suite

HVAC Suite integra cuatro módulos principales en una sola aplicación para HP Prime:



Además del cálculo directo, el **HVAC Center** permite integraciones entre módulos, resumen del proyecto, comparaciones, diagnóstico de dependencias, herramientas avanzadas de duct/fan y Reports Pro.

1.1 Filosofía de uso

La aplicación está pensada para trabajar por etapas. Un estado psicrométrico puede alimentar un cálculo de carga; la carga puede definir un caudal de ducto o un objetivo de suministro; el resultado de un proceso puede volver a PSY; y una red de ductos puede combinarse con fan laws y Optimization Pro.

Regla práctica

No es obligatorio usar todos los módulos. Cada módulo puede utilizarse de forma independiente, pero las integraciones reducen la repetición de datos y mantienen coherencia entre cálculos.

1.2 Idioma

La interfaz se adapta al idioma del sistema de la calculadora. Cuando la HP Prime está configurada en español, la aplicación utiliza español; para los demás idiomas del sistema se utiliza la interfaz inglesa.

Los nombres técnicos internacionales que conviene conservar, como *ADP*, *BF*, *SHR*, *Static Regain*, *Equal Friction*, *Pareto* o *Fan Laws*, aparecen junto con contexto suficiente para evitar ambigüedad.

1.3 Unidades

PSY y LOAD admiten SI e I-P. PROC hereda el sistema seleccionado para los estados psicrométricos. DUCT utiliza las unidades convencionales de distribución de aire:

Magnitud	Unidad principal en DUCT
Caudal	CFM
Dimensiones	in
Longitudes de tramo	ft
Velocidad	fpm
Tasa de fricción	in.wg/100 ft
Presión	in.wg
Potencia	W
Rugosidad absoluta	mm

2 Instalación y navegación

2.1 Instalación

Transfiera la aplicación `HVACSuite.hpappdir` a la HP Prime mediante HP Connectivity Kit o un método compatible de transferencia de aplicaciones. La aplicación aparece en la biblioteca de Apps con el nombre

HVAC Suite.

2.2 Teclas de trabajo

La navegación sigue la convención de vistas de HP Prime:

Tecla	Función en HVAC Suite
SYMB	Edita entradas del módulo activo. Es el punto de partida para un cálculo nuevo o para modificar uno existente.
NUM	Muestra páginas de resultados numéricos. Las páginas adicionales se recorren con las flechas indicadas en el pie.
PLOT	Abre la representación gráfica disponible: carta psicrométrica, desglose de cargas, proceso, sección de ducto o curva fan-sistema.
MENU	Abre el selector de módulos y accesos principales.
VIEW	Abre HVAC Center para integraciones, Project Center, Optimization Pro, comparaciones y Reports Pro.
ESC	Cancela el formulario actual o regresa al nivel anterior. Desde el menú principal permite salir de la aplicación.

2.3 Flujo recomendado

Para un proyecto sencillo de acondicionamiento de aire:

1. Calcule en **PSY** el estado interior y, si es necesario, el estado exterior.
2. En **LOAD**, determine la carga y el caudal de suministro.
3. En **PROC**, modele la mezcla, coil, economizer, reheat, humidificación, evaporativo o ERV.
4. En **DUCT**, dimensione el ducto individual o la red y agregue pérdidas de accesorios.
5. Configure fan y componentes airside; revise el punto de operación.
6. Ejecute **Optimization Pro** si desea explorar alternativas de material, energía o acústica.

3 Inicio rápido

Este ejemplo muestra el recorrido mínimo de una sesión típica.

Ejemplo de estado psicrométrico

En PSY seleccione SI, presión estándar, $T_{bs} = 25\text{ °C}$ y $HR = 50\%$. El motor obtiene aproximadamente:

$$W = 0.00988\text{ kg/kg}_{da}, \quad h = 50.32\text{ kJ/kg}_{da}, \quad v = 0.858\text{ m}^3/\text{kg}_{da}$$

con $T_{roc} \approx 13.86\text{ °C}$ y $T_{bh} \approx 17.89\text{ °C}$.

Después puede copiarse ese estado a LOAD o utilizarse como fuente de densidad y viscosidad en DUCT.

4 Módulo PSY - Psicrometría

4.1 Qué resuelve

PSY determina el estado del aire húmedo a partir de **dos propiedades independientes** y la presión barométrica. Las propiedades disponibles son:

- temperatura de bulbo seco, T_{bs} ;

- humedad relativa, HR ;
- temperatura de bulbo húmedo, T_{bh} ;
- temperatura de rocío, T_{roc} ;
- razón de humedad, W ;
- entalpía, h ;
- volumen específico, v .

La pareja $T_{roc} + W$ se rechaza porque ambas propiedades dependen directamente de la misma presión parcial de vapor y no forman, por sí solas, un par independiente.

4.2 Presión atmosférica

El formulario permite tres métodos:

- **Presión manual:** se introduce directamente la presión absoluta.
- **Por altitud:** la aplicación obtiene la presión a partir de la elevación sobre el nivel del mar.
- **Atmósfera estándar:** utiliza el valor estándar de referencia.

Presión absoluta

La presión psicrométrica es absoluta. No debe confundirse kPa absolutos con presión manométrica.

4.3 Ecuaciones principales

La presión de saturación se evalúa con correlaciones psicrométricas tipo ASHRAE, separando el dominio por encima y por debajo del punto triple. Para una presión parcial de vapor P_v :

$$W = 0.621945 \frac{P_v}{P - P_v}.$$

En SI, la entalpía utilizada es:

$$h = 1.006T + W(2501 + 1.86T),$$

donde T está en °C, h en kJ/kg de aire seco y W en kg/kg de aire seco.

El volumen específico se calcula como:

$$v = 0.287042 \frac{(T + 273.15)(1 + 1.607858W)}{P}.$$

Las inversiones que no tienen forma explícita directa se resuelven numéricamente mediante búsqueda acotada/bisección. Esto permite combinar de forma uniforme los distintos pares de propiedades.

4.4 Resultados NUM

Las páginas NUM muestran propiedades del estado, presiones de vapor/saturación, humedad y condición de saturación. Los valores se presentan en el sistema de unidades seleccionado.

4.5 Carta psicrométrica Pro

PLOT dibuja la carta psicrométrica correspondiente al estado actual. Desde la configuración del HVAC Center pueden mostrarse u ocultarse líneas auxiliares de entalpía y volumen específico.

Interpretación

Un punto sobre la curva de saturación representa $HR = 100\%$. Un punto dentro del dominio representa aire no saturado. Si las propiedades ingresadas implican HR mayor que 100% , el estado se rechaza como no físico.

5 Módulo LOAD - Carga térmica

5.1 Dos niveles de cálculo

LOAD dispone de:

- **Una zona:** cálculo directo para un recinto.
- **Proyecto de zonas:** hasta seis zonas con diversidad, perfiles horarios y solar por orientación.

5.2 Una zona: secuencia de entrada

El flujo de entrada incluye geometría, condiciones de diseño, transmitancias U , ventanas y puertas, solar, ocupación, iluminación/equipos, infiltración, ventilación, temperatura de suministro y factor de diseño. La ventilación puede definirse como caudal directo o mediante componente por persona más componente por área.

5.3 Componentes de carga

El cálculo organiza el resultado en contribuciones de envolvente, solar, personas, cargas internas, infiltración y ventilación. Conceptualmente:

$$Q_{trans} = UA\Delta T,$$

$$Q_{solar} = A_g SHGC I,$$

y las cargas internas se corrigen con sus factores de simultaneidad.

La suma sensible y latente produce:

$$Q_t = Q_s + Q_l, \quad SHR = \frac{Q_s}{Q_t}, \quad TR = \frac{\max(0, Q_t)}{3516.852842}.$$

El caudal de suministro se determina a partir de la carga y del estado de suministro solicitado. Si la combinación de temperatura de suministro y carga latente no permite un estado psicrométrico realizable, la aplicación lo advierte.

5.4 LOAD Project Pro

El modo multizona añade:

- 1 a 6 zonas;
- factor global de coincidencia;
- diversidad independiente para personas, luces, equipos y solar;
- cálculo por pico simultáneo o por perfiles horarios;
- hora de diseño;
- solar global o por orientación N/E/S/W;
- perfiles Office, Classroom, Residential, Retail, 24 h y Custom;
- comparación diseño vs pico por zona.

Pico vs diseño

Pico conserva las contribuciones máximas del modelo. **Diseño** aplica perfiles/diversidad y coincidencia. El valor de diseño puede ser menor que la suma de máximos individuales porque no todas las zonas ni todas las cargas necesariamente alcanzan su máximo al mismo tiempo.

5.5 Limitación del módulo de carga

LOAD es un estimador de diseño integrado para la calculadora. No pretende sustituir un motor completo de Heat Balance o RTS con bases meteorológicas horarias, almacenamiento térmico detallado, puentes térmicos o modelado solar tridimensional.

6 Módulo PROC - Procesos de aire

6.1 Modos disponibles

Modo	Descripción
Mezcla de aire	Mezcla dos corrientes conservando masa de aire seco y energía.
Proceso A → B	Calcula el cambio entre dos estados psicrométricos definidos.
Cooling coil ADP/BF	Modela una batería de enfriamiento/deshumidificación mediante Apparatus Dew Point y Bypass Factor.
Supply Target	Obtiene un estado objetivo de suministro enlazable con LOAD.
Economizer OA/RA	Modula la fracción de aire exterior entre mínimos y máximos con control por bulbo seco o entalpía.
Cooling + reheat	Enfría/deshumidifica en coil y posteriormente recalienta sensiblemente hasta la temperatura final.
Humidificación	Aumenta humedad hasta una HR objetivo bajo el modelo de control implementado.
Evaporativo directo	Acerca el estado al límite saturado aproximadamente isoentálpico mediante una efectividad.
ERV	Recuperación de energía con efectividades sensible y latente separadas.

6.2 Coil ADP/BF

El **ADP** representa el punto de rocío efectivo de la superficie de la batería, idealizado como un estado saturado. El **Bypass Factor** cuantifica la fracción de aire que, desde el punto de vista térmico, no alcanza el estado ADP. Un BF pequeño implica mayor aproximación al ADP; el factor de contacto es aproximadamente $1 - BF$.

Lectura física

ADP/BF no significa que una fracción literal del aire atraviese físicamente la batería sin tocarla. Es una representación equivalente del comportamiento de la batería y su contacto térmico.

6.3 Resultados

NUM muestra estados de entrada/salida, balances de mezcla, economizer, reheat, condensado, agua de humidificación, recuperación de energía, balance sensible/latente, SHR y cierres de energía/humedad. PLOT representa el proceso sobre la carta psicrométrica.

Cuando LOAD está enlazado, PROC puede mostrar la línea SHR desde el suministro hacia la condición del recinto.

7 Módulo DUCT - Conceptos generales

DUCT combina dimensionamiento, pérdidas, criterio acústico, redes, fan y optimización.

7.1 Tipos de ducto

- Circular rígido.
- Rectangular.
- Flexible.

7.2 Criterio de dimensionamiento

Por fricción: la sección se selecciona para que la tasa de fricción calculada sea igual o menor que el objetivo FR.

Por velocidad: la sección se selecciona para mantener la velocidad igual o menor que el objetivo de fpm.

7.3 Propiedades del aire

Puede utilizarse aire estándar o el estado vigente de PSY. Cuando se utiliza PSY, la densidad y la viscosidad se ajustan a las condiciones calculadas en lugar de permanecer en los valores estándar aproximados $\rho = 1.2041 \text{ kg/m}^3$ y $\mu = 1.81 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$.

7.4 Rugosidad del material

La aplicación incorpora rugosidades nominales:

Material	ε nominal
Acero galvanizado	0.090 mm
Acero comercial	0.045 mm
Aluminio	0.040 mm
Personalizada	definida por el usuario

En modo **Automática**, ε se toma del material. En modo **Manual** puede sustituirse por un valor conocido de superficie.

Por qué existe el override manual

La rugosidad real puede cambiar con corrosión, suciedad, revestimientos, liners, uniones y condición superficial. El material define un valor nominal; el override permite representar una condición real conocida.

7.5 Criterio acústico

La aplicación utiliza un límite de velocidad relacionado con aplicación, ubicación del ducto y objetivo NC/RC. Para un tramo individual también distingue **Principal**, **Ramal** y **Runout terminal**; la red infiere el rol a partir de la topología.

El chequeo acústico es una **verificación de velocidad**, no una predicción espectral completa de ruido.

8 Dimensionamiento comercial rectangular

Esta sección es especialmente importante porque el programa no se limita a devolver una dimensión matemática arbitraria. El objetivo es producir dimensiones compatibles con una malla de fabricación y con restricciones geométricas razonables.

8.1 Incremento rectangular

El campo **Incremento rectangular** define la malla de fabricación. Por ejemplo:

- incremento 0.5 in: 12.0, 12.5, 13.0, ...;
- incremento 1 in: 12, 13, 14, ...;
- incremento 2 in: 12, 14, 16, ...;
- incremento 4 in: 12, 16, 20, ...

Esto evita respuestas como 12.34 in cuando el proyecto trabaja con dimensiones fabricables discretas.

8.2 Modo Fijo

Fijo significa que el ancho indicado es una restricción dura.

- El ancho no se mueve.
- Debe coincidir con la malla de fabricación elegida.
- La aplicación determina la otra dimensión necesaria para cumplir fricción/velocidad.
- Si la geometría excede el AR máximo, puede aumentar la altura para respetar ese límite, pero nunca cambia el ancho fijado.

Cuándo usar Fijo

Use Fijo cuando la arquitectura, un shaft, un plafón, una viga o una conexión existente impone una dimensión que no puede modificarse.

8.3 Modo Preferido

Preferido significa que el ancho indicado es importante, pero no obligatorio.

El motor prueba el ancho solicitado y dimensiones cercanas sobre la malla de fabricación. Penaliza fuertemente alejarse del ancho preferido, pero puede hacerlo si una dimensión cercana produce una solución significativamente más equilibrada o necesaria para cumplir AR y el criterio de dimensionamiento.

Cuándo usar Preferido

Use Preferido cuando existe una dimensión conveniente para coordinación arquitectónica, pero todavía hay libertad para moverla una o varias unidades de fabricación.

8.4 Modo Auto

Auto no solicita un ancho. El programa construye candidatos alrededor de una sección aproximadamente cuadrada que cumple el criterio y elige una combinación comercial según:

- cumplimiento de FR o velocidad;
- uso razonable del criterio objetivo;
- relación de aspecto;
- proximidad al AR recomendado;
- malla de fabricación.

En Auto, la dimensión mayor se presenta como ancho para mantener una lectura consistente.

8.5 Qué es AR

AR significa *Aspect Ratio* o **relación de aspecto**:

$$AR = \frac{\text{lado mayor}}{\text{lado menor}}.$$

Por definición, $AR \geq 1$. Un ducto 12 x 15 in tiene:

$$AR = \frac{15}{12} = 1.25.$$

Un ducto 6 x 30 in tiene $AR = 5$, mucho más plano.



8.5.1 AR recomendado

Es una preferencia blanda. Por defecto es 3:1. El motor puede aceptar un AR superior si sigue por debajo del máximo, pero penaliza esa solución frente a una geometría más equilibrada.

8.5.2 AR máximo

Es un límite duro. Por defecto es 4:1. Una solución que exceda ese valor se descarta o se ajusta, según el modo, para no superar el límite.

Valores por defecto

La configuración inicial utiliza **Preferido**, AR recomendado = **3** y AR máximo = **4**. Ambos AR pueden ajustarse entre 1 y 8, manteniendo $AR_{rec} \leq AR_{max}$.

8.6 Ejemplo de los tres modos

Considérese 1000 CFM, FR objetivo = 0.08 in.wg/100 ft, acero galvanizado, aire estándar e incremento de 1 in.

Modo	Entrada de ancho	Selección	AR
Fijo	12 in	12 x 15 in	1.25
Preferido	12 in	12 x 15 in	1.25
Auto	no aplica	14 x 13 in	1.08

La solución Auto no es “más correcta” en todos los proyectos: simplemente es más equilibrada geométricamente. Si el espacio disponible impone 12 in de ancho, Fijo es el modo correcto.

8.7 Series circulares

Para ducto circular rígido, la aplicación redondea a una serie preferida incorporada:

4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, ..., 120 in.

A partir de 12 in, la serie avanza de 2 en 2 in.

Para flexible se utiliza:

4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 in.

Disponibilidad comercial

Las series integradas son una convención de diseño práctica. La disponibilidad real depende del fabricante, país, material y sistema constructivo. Verifique siempre el catálogo del proveedor.

9 Pérdidas del tramo

Después del dimensionamiento geométrico, el programa solicita **Longitud recta**, **K manual** y **Longitud equivalente**. Es importante comprender que representan mecanismos diferentes.

9.1 Longitud recta

Es la longitud física de ducto recto del tramo, en ft. Produce pérdida distribuida:

$$\Delta P_f = FR \frac{L}{100}.$$

9.2 Longitud equivalente, L_{eq}

Representa accesorios convertidos a una longitud de ducto recto que produciría una pérdida similar. La aplicación la suma a la longitud física:

$$L_{ef} = L + L_{eq}, \quad \Delta P_f = FR \frac{L_{ef}}{100}.$$

9.3 Coeficiente local K

Un accesorio también puede representarse por:

$$\Delta P_K = K VP,$$

donde VP es la presión de velocidad del tramo.

9.4 Pérdida directa

Algunos equipos se especifican mejor mediante una caída de presión directa a caudal de diseño. Por ejemplo, filtros, rejillas, difusores o terminales pueden tener un ΔP publicado por el fabricante.

La aplicación combina:

$$\Delta P_{tramo} = FR \frac{L + L_{eq}}{100} + K_{tot} VP + \Delta P_{directa}$$

Evitar doble contabilización

No represente el mismo accesorio simultáneamente mediante L_{eq} y mediante K , salvo que esté agregando pérdidas físicamente distintas. Hacerlo duplicaría la pérdida del accesorio.

10 Accesorios del tramo

10.1 Solo K manual

En este modo se utiliza únicamente el valor K introducido en el formulario de pérdidas. Es apropiado cuando el usuario ya dispone de un coeficiente global confiable.

10.2 Biblioteca Pro

La biblioteca permite crear hasta seis grupos de fittings por tramo. Cada grupo define tipo, variante, cantidad y, cuando corresponde, un parámetro de fabricante.

Elemento	Variantes / modelo	Tratamiento
Codo 90	Miter, radio corto, radio largo, miter + álabes	K preset
Entrada	Borde vivo, bien redondeada	K preset
Tee	Paso recto, ramal	K preset
Transición	Contracción/expansión gradual o brusca	K preset
Salida	Salida simple	K preset
Damper	Abierto o K fabricante/DFDB	K preset o K manual
Terminal	Rejilla, register, difusor, otro	ΔP directo de fabricante
Filtro	Panel, pleated, alta eficiencia, otro	ΔP directo de fabricante
K manual	Coefficiente adicional	K definido por el usuario

Los K preset incorporados son:

Elemento	Variante	K
Codo 90	Miter / radio corto / radio largo / miter + álabes	1.30 / 0.90 / 0.60 / 0.20
Entrada	Borde vivo / bien redondeada	0.50 / 0.05
Tee	Paso recto / ramal	0.50 / 1.80
Transición	Contracción brusca / contracción gradual / expansión gradual / expansión brusca	0.38 / 0.10 / 0.20 / 0.25
Salida	Salida simple	1.00
Damper	Abierto	0.20

Datos de fabricante

Los coeficientes integrados son presets de cálculo, no sustituyen DFDB, datos certificados ni curvas de fabricante. Para dampers, terminales y filtros, use datos de fabricante siempre que estén disponibles.

11 Fundamentos de cálculo de ductos

11.1 Velocidad y Reynolds

Para un caudal volumétrico Q y área A :

$$V = \frac{Q}{A}, \quad Re = \frac{\rho V D_h}{\mu}.$$

Para rectangular:

$$D_h = \frac{2ab}{a+b}.$$

La aplicación también muestra un diámetro equivalente rectangular:

$$D_e = 1.30 \frac{(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}},$$

con a y b expresados de forma consistente con la relación empírica utilizada.

11.2 Factor de fricción

En régimen laminar:

$$f = \frac{64}{Re}.$$

Para turbulento se utiliza la forma explícita de Haaland:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7 D_h} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right].$$

La tasa de fricción deriva de Darcy-Weisbach y se expresa en in.wg/100 ft.

11.3 Presión de velocidad

Internamente se calcula a partir de:

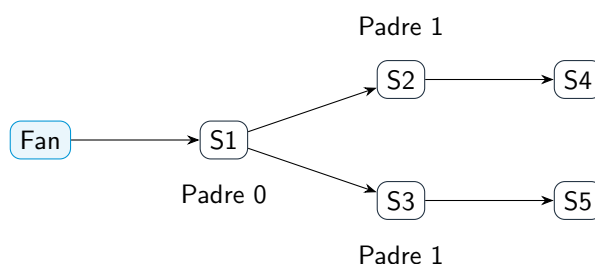
$$VP = \frac{\rho V^2 / 2}{249.08891},$$

para obtener in.wg cuando $\rho V^2 / 2$ está en Pa.

12 Red de ductos

12.1 Topología por padres

Cada tramo tiene un campo **Padre**. El tramo 1 tiene padre 0. Los siguientes pueden tener padre 0 o un tramo anterior.



La aplicación verifica que un tramo no apunte a sí mismo ni a un tramo futuro y comprueba coherencia de caudales aguas abajo.

12.2 Equal Friction

Todos los tramos se dimensionan con el mismo objetivo global de FR. Es un método directo y robusto para redes de velocidad moderada.

12.3 Static Regain

El método intenta aprovechar la recuperación de presión de velocidad al reducirse el caudal hacia las ramas. La entrada principal es una velocidad raíz, y la geometría de los tramos se ajusta para equilibrar la presión estática disponible.

Cuándo usar cada método

Equal Friction: apropiado para dimensionamiento general y redes sencillas.

Static Regain: útil cuando se busca una distribución de presión más uniforme en redes ramificadas y se dispone de una topología bien definida.

12.4 Camino crítico

La aplicación acumula pérdidas desde la raíz hasta cada terminal. El camino con mayor pérdida acumulada se identifica como **camino crítico**. Su pérdida define la ESP de ductos requerida antes de añadir componentes airside externos.

12.5 Balanceo de ramas

Después de Optimization Pro, la página **Balanceo de ramas** muestra, para cada terminal, la presión adicional que sería necesaria para igualar el camino más desfavorable y un K equivalente de balanceo cuando puede expresarse mediante presión de velocidad.

13 Fan, componentes airside y punto de operación

13.1 Componentes externos

El formulario Fan + Airside permite añadir pérdidas de:

- filtro;
- coil;
- terminal;
- otros componentes.

La ESP total es la suma de la pérdida crítica de ductos y las pérdidas externas indicadas.

13.2 Eficiencias

La potencia transferida al aire se calcula con:

$$P_{fan} = \frac{Q \Delta P}{\eta_f},$$

y la potencia eléctrica aproximada con:

$$P_{elec} = \frac{P_{fan}}{\eta_m}.$$

13.3 Fan Laws

Para una relación de velocidad $r = N_2/N_1$:

$$Q_2 = Q_1 r, \quad \Delta P_2 = \Delta P_1 r^2, \quad P_2 = P_1 r^3.$$

13.4 Curva simplificada del fan

El modelo preliminar usa presión de cierre P_0 y caudal libre Q_{max} :

$$\Delta P_{fan} = P_0 \left[1 - \left(\frac{Q}{Q_{max}} \right)^2 \right].$$

La red se representa como:

$$\Delta P_{sys} = K_s Q^2.$$

El punto de operación es la intersección de ambas curvas. PLOT muestra gráficamente fan y sistema cuando existe una curva válida.

Curva preliminar

Una curva real de fabricante no suele ser una parábola perfecta. El modelo incorporado es útil para análisis preliminar, leyes de afinidad y sensibilidad, pero no reemplaza la selección del fan sobre una curva certificada.

14 Optimization Pro

Optimization Pro explora alternativas factibles de red variando el objetivo de fricción o velocidad y, cuando existe una curva de fan, varias velocidades de giro.

14.1 Objetivos

Objetivo	Potencia	Material	Acústica V/V_{max}
Material	15 %	80 %	5 %
Balanceado	40 %	40 %	20 %
Energía	85 %	10 %	5 %
Ruido	10 %	10 %	80 %

El indicador de **material** es un proxy geométrico basado en superficie/perímetro de ducto, no un presupuesto monetario.

14.2 Pareto

Una alternativa pertenece al frente de Pareto cuando ninguna otra la mejora simultáneamente en potencia, material y métrica acústica. La aplicación conserva representantes para los cuatro objetivos y muestra el número de soluciones Pareto frente al total de alternativas factibles.

14.3 Aplicar recomendación

La recomendación no modifica el proyecto hasta elegir **Aplicar recomendación**. Al aplicarla se actualiza el criterio de red y, cuando corresponde, RPM objetivo; la red se recalcula completamente.

Interpretación de ahorro

El porcentaje de ahorro compara la potencia eléctrica operativa de la alternativa recomendada con la red base. No incluye automáticamente costos de capital, mantenimiento o vida útil.

15 HVAC Center e integraciones

El botón VIEW abre el centro de integración. Sus funciones se agrupan en:

- **Resumen HVAC:** estado de PSY, LOAD, PROC y DUCT.
- **Integraciones:** copia controlada de datos entre módulos, por ejemplo PSY → DUCT aire, LOAD → DUCT CFM, LOAD → PROC y PROC → PSY.
- **Project Center:** estado de dependencias y actualización de fuentes.
- **Duct/Fan avanzado:** Fan/Airside, Optimization Pro y aplicación de recomendación.
- **Comparaciones:** escenarios de fan/energía y procesos sin modificar el proyecto base.
- **Reports Pro:** tablas y snapshots del proyecto.
- **Configuración:** opciones de la carta psicrométrica.

15.1 Dependencias y estado stale

Si un módulo depende de otro y la fuente cambia, el proyecto puede marcar el módulo como desactualizado. Project Center ayuda a detectar estados manuales, sincronizados o stale y evita ciclos de dependencias.

16 Cómo leer NUM y PLOT

16.1 NUM

Las páginas NUM no son únicamente una tabla de resultados finales. También contienen verificaciones de ingeniería: estado físico, cierres de balance, criterio acústico, camino crítico, pérdidas desglosadas, fan y Optimization Pro.

16.2 PLOT

- PSY: carta psicrométrica.
- LOAD: desglose de carga o comparación diseño/pico por zonas.
- PROC: trayectoria del proceso en carta psicrométrica.
- DUCT individual: sección del ducto.
- DUCT red: curva fan-sistema cuando hay datos válidos.

17 Ejemplos guiados

17.1 Ejemplo A - Psicrometría

Datos: 25 °C, 50 % HR, 101.325 kPa.

Procedimiento: PSY → SYMB → SI → presión estándar → propiedades T_{bs} y HR.

Resultados representativos: $W \approx 9.88$ g/kg de aire seco, $h \approx 50.32$ kJ/kg de aire seco, $T_{roc} \approx 13.86$ °C, $T_{bh} \approx 17.89$ °C.

17.2 Ejemplo B - Ducto rectangular comercial

Datos: 1000 CFM, FR = 0.08 in.wg/100 ft, acero galvanizado, aire estándar, incremento 1 in, AR recomendado 3 y máximo 4.

Fijo 12 in: la aplicación mantiene 12 in y selecciona aproximadamente 12 x 15 in. La velocidad queda cerca de 800 fpm y FR real cerca de 0.069 in.wg/100 ft.

Preferido 12 in: en este caso conserva 12 x 15 in porque ya es una solución equilibrada.

Auto: selecciona aproximadamente 14 x 13 in, una geometría más cercana al cuadrado.

17.3 Ejemplo C - Pérdidas del tramo

Supóngase un tramo con FR = 0.07 in.wg/100 ft, 50 ft de ducto recto, 20 ft equivalentes, $K_{tot} = 1.5$, $VP = 0.04$ in.wg y un terminal con $\Delta P = 0.10$ in.wg.

$$\Delta P_f = 0.07 \frac{50 + 20}{100} = 0.049 \text{ in.wg}$$

$$\Delta P_K = 1.5(0.04) = 0.060 \text{ in.wg}$$

$$\Delta P_{total} = 0.049 + 0.060 + 0.10 = 0.209 \text{ in.wg.}$$

Este ejemplo ilustra por qué longitud equivalente, K y pérdida directa deben interpretarse por separado.

18 Criterio acústico de velocidad

La aplicación interpola límites de velocidad según objetivo NC/RC y ubicación. Los siguientes valores muestran puntos de referencia antes de aplicar la reducción por rol del tramo.

Tipo	Ubicación	RC25	RC35	RC45
Rectangular	Shaft / drywall	1700	2500	3500
Rectangular	Sobre cielo acústico	1200	1750	2500
Rectangular	Espacio ocupado	950	1450	2000
Circular/Flexible	Shaft / drywall	2500	3500	5000
Circular/Flexible	Sobre cielo acústico	2000	3000	4500
Circular/Flexible	Espacio ocupado	1700	2600	3900

Para **ramal** se usa 80 % del límite principal; para **runout terminal**, 50 %. Los valores intermedios de RC se interpolan.

No es un cálculo acústico completo

El criterio ayuda a evitar velocidades excesivas, pero no modela espectro sonoro, regeneración de ruido en fittings, atenuación de ducto, breakout, silenciosos, transmisión por estructura ni potencia sonora del fan.

19 Buenas prácticas de diseño con la aplicación

1. Use propiedades PSY cuando temperatura/altitud se aparten de condiciones estándar.
2. Para ducto rectangular, defina primero las restricciones físicas del espacio y luego elija Fijo, Preferido o Auto.
3. Mantenga AR razonable; un AR bajo suele mejorar geometría, rigidez y superficie de material.
4. No duplique pérdidas usando Leq y K para el mismo accesorio.
5. Para terminales, filtros y dampers, prefiera datos de fabricante.
6. En redes, verifique caudales y padres antes de interpretar el camino crítico.
7. Revise siempre V/V_{max} y los avisos acústicos.
8. Use Optimization Pro como explorador de alternativas, no como sustituto de coordinación arquitectónica.
9. Verifique la curva real del fan después del dimensionamiento preliminar.

20 Límites y supuestos

- Aire tratado como mezcla húmeda bajo las correlaciones psicrométricas implementadas.
- Las propiedades de transporte del aire en DUCT usan un modelo simplificado de viscosidad dependiente de temperatura cuando se enlaza PSY.
- La fricción de ductos utiliza Darcy-Weisbach con Haaland para flujo turbulento.
- Las dimensiones comerciales incorporadas no garantizan disponibilidad en todos los mercados.
- Los K de fittings son presets de referencia.
- LOAD no es un motor horario completo de simulación energética del edificio.
- El fan modelado por P_0 y Q_{max} es preliminar.
- Optimization Pro optimiza proxies técnicos; no incluye costo de material por moneda, mano de obra ni lifecycle cost.

21 Solución de problemas

Síntoma	Revisión recomendada
PSY rechaza el estado	Revise presión absoluta, unidades, HR, independencia del par de propiedades y posible supersaturación.
LOAD no produce suministro	Revise temperatura de suministro, componente latente, HR y estado interior/exterior.
DUCT no encuentra sección comercial	Relaje FR/velocidad, revise AR máximo, incremento de fabricación o ancho fijo.
Ancho fijo rechazado	El ancho debe coincidir con la malla definida por el incremento rectangular.
Velocidad marcada ALTA	Revise aplicación, ubicación, NC/RC, rol del tramo o aumente sección.
ESP demasiado alta	Revise longitudes, L_{eq} , K, fittings, terminales/filtros y si hay doble conteo.
Red inconsistente	Verifique padre de cada tramo y que los caudales hijos no excedan el caudal del tramo padre.
Optimization Pro sin alternativas	Los criterios de velocidad/acústica o la curva fan pueden ser demasiado restrictivos.
Punto de operación extraño	Revise P_0 , Q_{max} , RPM base/objetivo y pérdidas externas.

22 Glosario

ADP

Apparatus Dew Point de una batería de enfriamiento.

AR

Aspect Ratio, lado mayor dividido entre lado menor.

BF

Bypass Factor de una batería.

CFM

Cubic Feet per Minute, unidad de caudal volumétrico.

ESP

External Static Pressure / presión estática requerida del sistema.

ERV

Energy Recovery Ventilator / recuperación de energía.

FR

Friction Rate, tasa de fricción en in.wg/100 ft.

HR / RH

Humedad relativa.

K

Coefficiente de pérdida local adimensional.

L_{eq}

Longitud equivalente de accesorios.

NC/RC

Criterio acústico usado como guía de velocidad.

Pareto

Conjunto de soluciones no dominadas entre varios objetivos.

PSY

Módulo psicrométrico.

SHGC

Solar Heat Gain Coefficient.

SHR

Sensible Heat Ratio.

Static Regain

Método de dimensionamiento basado en recuperación de presión estática.

TR

Tonelada de refrigeración.

VP

Velocity Pressure / presión de velocidad.

23 Referencia rápida de DUCT

Campo	Significado	Recomendación
Material	Superficie base del ducto	Use automática salvo que conozca ε real.
Incremento rectangular	Malla de fabricación	1 in es una opción general; use la práctica local.
Fijo	Ancho obligatorio	Restricción arquitectónica dura.
Preferido	Ancho deseado	Coordinación con cierta libertad.
Auto	Ambos lados libres	Diseño preliminar equilibrado.
AR recomendado	Preferencia geométrica	3 por defecto.
AR máximo	Límite duro	4 por defecto.
Longitud recta	Ducto físico	Medir sobre trazado.
Leq	Pérdida convertida a longitud	No duplicar con K del mismo fitting.
K manual	Pérdida local adicional	Usar dato confiable.
Biblioteca Pro	Fittings parametrizados	Preferir fabricante cuando exista.

24 Notas de distribución

Esta documentación corresponde a la edición bilingüe ES/EN de *HVAC Suite* para HP Prime. La aplicación está diseñada para operar de forma autónoma en la calculadora y conservar los datos principales del proyecto entre sesiones.

Recomendación para publicación

Distribuya el archivo de aplicación y este manual juntos. El manual explica decisiones que no caben en la interfaz de 320 x 240 píxeles, especialmente la selección comercial rectangular, AR, pérdidas de tramo, fittings, redes y Optimization Pro.