

¿POR QUÉ ESTE LABORATORIO DE ALTA CONTENCIÓN CONSUME TANTA ENERGÍA?

Guía Diagnóstica
GD-004

Guía técnica de diagnóstico sobre flujo de aire, presión, desempeño de la envolvente y demanda energética a lo largo del ciclo de vida

EL ALTO CONSUMO DE ENERGÍA ES UN SÍNTOMA. PRIMERO IDENTIFIQUE QUÉ ESTÁ IMPULSANDO LA CARGA.

Esta guía fue creada para instalaciones de alta contención cuyo consumo energético parece excesivo, pero donde reducir capacidad mecánica sin comprender primero la base de contención podría crear otro problema.

Por qué la desarrollamos

Los laboratorios de alta contención pueden tener una demanda energética considerable y persistente. Extracción, acondicionamiento de aire exterior, control de presión, filtración, redundancia, cargas térmicas y horarios extendidos pueden estar técnicamente justificados por la estrategia de contención.

Sin embargo, el alto consumo también puede reflejar condiciones evitables: flujo de aire excesivo, zonas sobredimensionadas, fugas en la envolvente, alta presión estática, horarios innecesarios, inestabilidad de control o sistemas mecánicos compensando problemas arquitectónicos no resueltos.

El propósito de esta guía es distinguir esas categorías antes de que una medida de reducción energética altere una función de contención.

Quién puede utilizarla

Está dirigida a responsables de instalaciones, ingenieros, equipos de sostenibilidad, personal de bioseguridad, operadores y autoridades institucionales que evalúan desempeño energético en laboratorios de alta contención.

Es especialmente útil cuando se consideran reducciones de flujo, conversión a VAV, recuperación de energía, sustitución de equipos, estrategias Net Zero u otras medidas que interactúan con la contención.

USO PRÁCTICO

Comience estableciendo la línea base energética y el horario de operación. Después identifique las cargas directamente asociadas con la contención, determine si exceden lo que exige la base aceptada y rastree la razón técnica antes de seleccionar una medida de optimización.

El objetivo no es reducir energía a cualquier costo. Es eliminar carga innecesaria preservando las funciones de contención que justifican la demanda restante.

01

LÍNEA BASE

02

ATRIBUIR

03

CORREGIR

04

OPTIMIZAR

CÓMO PUEDE UTILIZARSE ESTA GUÍA – Y QUÉ NO AUTORIZA

Esta guía es una herramienta de orientación diagnóstica general. Está diseñada para ayudar a estructurar preguntas técnicas, organizar evidencia y definir qué requiere una evaluación más específica.

Uso aceptable

Puede utilizarse para:

- estructurar investigaciones técnicas preliminares;
- preparar revisiones internas y discusiones multidisciplinarias;
- identificar información, mediciones y documentación faltantes;
- apoyar la definición del alcance de una evaluación posterior;
- servir como material educativo y de consulta técnica interna.

No constituye

Esta guía no constituye un diseño, especificación, modelo energético, procedimiento operativo, criterio de aceptación, certificación, dictamen de cumplimiento, autorización de modificación u operación ni recomendación específica para una instalación determinada.

Decisiones técnicas y operativas

Ninguna reducción de caudal, modificación de setpoints, cambio en filtración, recuperación energética, intervención de sistemas críticos, continuidad de operación o retorno al servicio debe basarse únicamente en esta guía.

Base técnica aplicable

El contenido debe interpretarse junto con la evaluación de riesgos, la Base de Diseño, la documentación as-built, los criterios de commissioning, los requisitos regulatorios, las instrucciones del fabricante, los procedimientos institucionales y demás documentación específica del sitio.

Personal competente

Los cambios que puedan afectar funciones críticas para la contención deben ser evaluados, diseñados, ejecutados y verificados por personal debidamente calificado, con autoridad claramente definida para aprobar la nueva condición.

Responsabilidad

BioLab Solutions no asume responsabilidad por decisiones, modificaciones, intervenciones o acciones ejecutadas fuera de una evaluación específica del sitio y sin revisión por personal competente.

DERECHOS DE AUTOR Y PERMISOS DE USO

© 2026 Biological Laboratory Solutions S.A.S. de C.V. Todos los derechos reservados.

Esta publicación puede descargarse, conservarse y utilizarse internamente con fines educativos, técnicos y de consulta.

No puede reproducirse, redistribuirse, modificarse, venderse ni incorporarse, total o parcialmente, a materiales comerciales, cursos, procedimientos, especificaciones, informes o publicaciones de terceros sin autorización previa por escrito de BioLab Solutions.

Se permite citar extractos breves con atribución completa a BioLab Solutions y referencia a la Guía Diagnóstica correspondiente.

La primera tarea es determinar cuándo, dónde y a través de qué sistemas se consume la energía.

Horario de operación

- sistemas 24/7;
- operación extendida;
- setback nocturno/fines de semana cuando esté permitido;
- modos de mantenimiento;
- diferencias estacionales.

Principales cargas eléctricas

- ventiladores de suministro y extracción;
- bombas;
- equipos de laboratorio;
- autoclaves/EDS;
- controles y sistemas de apoyo.

Cargas térmicas

- acondicionamiento de aire exterior;
- reheat;
- calor de equipos;
- ocupación;
- control de humedad cuando aplique.

Evidencia

- facturas de servicios;
- submedición;
- tendencias del BMS;
- velocidad de ventiladores;
- datos de flujo de aire;
- tendencias de temperatura/humedad.

Pregunta de línea base: ¿qué sistemas son responsables de la carga persistente y cómo cambia esa carga con ocupación, clima y modo operativo?

NORMALICE LOS DATOS ANTES DE CALIFICAR LA INSTALACIÓN COMO INEFICIENTE

El consumo debe compararse contra condiciones operativas, no solo contra un total mensual de servicios o un benchmark de edificios convencionales.

Defina el límite de medición

- edificio completo o suite de laboratorios;
- electricidad, gas, vapor, agua helada/caliente;
- cargas compartidas de planta central;
- cargas de arrendatario o proceso fuera del sistema de contención.

Normalice por operación

- horas ocupadas frente a no ocupadas;
- número de cuartos activos;
- horario de equipos/procesos;
- cambios de throughput;
- periodos de mantenimiento o paro.

Normalice por clima

- temperatura y humedad exterior;
- demanda estacional de enfriamiento/calefacción;
- periodos de clima extremo;
- cambios en condición de aire exterior durante el periodo comparado.

Utilice benchmarks con cautela

La intensidad de uso energético puede apoyar comparaciones, pero un laboratorio de alta contención no debe juzgarse contra oficinas, cleanrooms o laboratorios generales sin considerar alcance de contención, estrategia de flujo, cargas de proceso y horario operativo.

Objetivo de línea base: crear una referencia que permita distinguir una carga originada por diseño de deterioro, cambio operativo o comportamiento evitable del sistema.

Separe carga de contención justificada de carga evitable

No todo consumo alto es ineficiencia.

Impulsor de carga	Pregunta diagnóstica
Extracción requerida	¿La cantidad de extracción está vinculada con control de presión, procesos peligrosos, contención primaria o criterios aplicables?
Aire exterior	¿El volumen es requerido por la estrategia de contención/ventilación o es mayor debido a supuestos heredados o balance deficiente?
Filtración	¿La presión estática es consistente con la arquitectura de filtración requerida y la condición actual de los filtros?
Redundancia	¿La redundancia instalada preserva una función de contención definida y su secuencia de operación es eficiente?
Margen de presión	¿El margen es necesario para flujo direccional estable o el flujo está compensando fugas excesivas?
Volumen acondicionado	¿Todos los espacios que reciben acondicionamiento de alta contención realmente necesitan permanecer dentro de la zona controlada?
Horas de operación	¿Todos los sistemas deben permanecer continuamente en condición de carga completa o pueden variar mediante modos aprobados?

LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA COMIENZA DISTINGUIENDO CARGA REQUERIDA DE CARGA EVITABLE.

03

Revise si el flujo de aire es mayor que lo que realmente requiere el sistema

El flujo afecta tanto la energía del ventilador como la carga de calefacción/enfriamiento asociada con cada volumen de aire movido.

Valores altos de ACH pueden estar técnicamente justificados en algunos espacios. No deben asumirse automáticamente como requisito de contención.

Revise la base del flujo de aire

- relación de presión;
- remoción de calor;
- necesidad de dilución;
- extracción de equipos;
- requisito de recuperación;
- ocupación;
- normas o criterios institucionales aplicables.

Busque números heredados

Pregunte si los ACH o CFM actuales fueron derivados del trabajo y del sistema o trasladados desde un precedente, una interpretación genérica de una norma o una costumbre operativa previa.

Si se reduce el flujo, aún deben demostrarse estabilidad de presión, flujo direccional, desempeño térmico y respuesta ante perturbaciones.

Una reducción importante puede ahorrar energía. También puede revelar que la envolvente o el sistema de control dependían de exceso de aire para mantenerse estables.

Un cuarto con aumento de fugas no controladas puede mantenerse negativo incrementando extracción. La presión negativa sigue dependiendo de aire de reposición que entra por rutas de transferencia diseñadas y por fugas inevitables, pero el crecimiento de fugas no controladas puede generar una penalización permanente de flujo y energía.

Revise rutas de fuga

- puertas y juntas;
- uniones muro/cielo;
- penetraciones;
- interfaces de servicios;
- pass-throughs;
- interfaces de equipos;
- modificaciones recientes.

Compare el flujo actual necesario para mantener presión con valores de commissioning o línea base cuando estén disponibles.

Eficiencia estructural

Si la misma relación de presión ahora requiere más extracción que antes, investigue condición de la envolvente y resistencia del sistema antes de normalizar el nuevo flujo como línea base.

Corregir fugas puede reducir flujo compensatorio y mejorar margen de control.

UN VENTILADOR NO DEBERÍA COMPENSAR PERMANENTEMENTE UNA ENVOLVENTE NO RESUELTA.

Examine presión estática y carga de filtración

Mover aire a través de sistemas de alta resistencia tiene consecuencias energéticas durante todo el ciclo de vida.

Filtros

Revise tipo de filtro, carga, diferencial de presión y condición de reemplazo. Confirme la función documentada de cada etapa instalada antes de considerar cualquier cambio en la arquitectura de filtración.

Housings HEPA

Evalúe caída de presión junto con integridad, aislamiento y capacidad de prueba requeridos. Una alternativa de menor resistencia solo es relevante si preserva la función de contención.

Ductos y dampers

Busque velocidad excesiva, dampers cerrados, transiciones restrictivas, accesorios innecesarios o balance deficiente que obliguen al ventilador a operar con mayor presión.

Punto de operación del ventilador

Compare velocidad y presión estática actuales con condiciones de diseño y commissioning. Un sistema cerca de su máximo puede indicar aumento de resistencia o demanda de flujo modificada.

Principio diagnóstico: reduzca resistencia innecesaria donde sea posible; no retire barreras de contención requeridas simplemente porque consumen energía.

Revise zonificación y volumen acondicionado

Cada metro cúbico adicional dentro de una zona de alta demanda genera obligaciones recurrentes de acondicionamiento y flujo.

La carga energética puede crearse aguas arriba por la ubicación donde se trazó el límite de contención.

Preguntas

- ¿Hay espacios de apoyo innecesariamente dentro de la zona de mayor demanda?
- ¿Corredores o áreas de servicio reciben los mismos criterios de acondicionamiento que espacios activos?
- ¿Podrían separarse funciones sin comprometer flujo de trabajo o contención?
- ¿Ha cambiado el uso de algún cuarto desde el diseño?

Realidad de retrofit

Cambiar zonificación en una instalación operativa puede ser complejo y no siempre se justifica.

El valor diagnóstico sigue siendo importante: permite identificar si la alta demanda es consecuencia de la arquitectura original y no un problema que pueda resolverse sustituyendo equipos.

EL ALCANCE DE CONTENCIÓN CREA VOLUMEN ACONDICIONADO. EL VOLUMEN ACONDICIONADO CREA CARGA DE CICLO DE VIDA.

¿EL SISTEMA ESTÁ CONSUMIENDO ENERGÍA PARA PELEAR CONTRA SÍ MISMO?

Hunting entre suministro y extracción

Lazos de control competidores pueden aumentar y reducir repetidamente el flujo intentando recuperar la misma relación de presión.

Enfriamiento y reheat simultáneos

Altos volúmenes de aire exterior, deshumidificación y controles innecesariamente estrictos de temperatura o humedad pueden generar demanda importante de enfriamiento y reheat, especialmente cuando setpoints y secuencias están mal coordinados.

Márgenes de presión excesivamente conservadores

Diferenciales mayores de lo requerido por la estrategia aceptada pueden aumentar demanda de flujo y energía del ventilador.

Lógica de setback deficiente

Los sistemas pueden permanecer en modo ocupado completo cuando no hay actividad, aun donde un modo reducido validado podría ser aceptable.

Redundancia operando sin necesidad

La arquitectura de respaldo puede consumir energía adicional si los equipos operan en paralelo sin un requisito funcional.

Cambios de control sin reverificación

La lógica de ahorro energético puede introducir inestabilidad de presión si se implementa sin pruebas funcionales.

La optimización de controles puede producir ahorros significativos, pero solo después de definir el estado de contención requerido y su comportamiento de transición.

Algunas funciones de alta contención pueden requerir operación continua. Otras pueden permitir estados reducidos controlados cuando el laboratorio está desocupado o inactivo.

Antes de considerar setback

- defina qué relaciones de presión deben persistir;
- identifique sistemas de extracción que no pueden reducirse;
- confirme límites de temperatura/humedad;
- defina comportamiento de alarmas;
- considere requisitos de equipos y procesos;
- defina recuperación al modo ocupado.

El modo reducido debe ser un estado diseñado

Un setback no consiste simplemente en bajar la velocidad de los ventiladores por la noche.

Debe ser una condición operativa definida, con criterios de aceptación, lógica de control y verificación funcional.

Evalúe recuperación de energía dentro de los límites de contención

El potencial de recuperación depende de aislamiento de corrientes, control de presión y riesgo de mantenimiento.

La recuperación puede reducir demanda de calefacción y enfriamiento, pero la estrategia debe preservar la separación requerida entre corrientes potencialmente contaminadas y limpias.

Revise

- potencial de contaminación de extracción;
- ubicación de filtración;
- características de cross-leakage;
- relaciones de presión;
- resistencia adicional del sistema;
- acceso de mantenimiento;
- comportamiento ante fallas.

Recuperación indirecta

Run-around coils y otros sistemas físicamente separados pueden ser viables cuando la estrategia de contención y el diseño técnico los soportan.

El beneficio energético debe evaluarse junto con penalizaciones de bombas/ventiladores, mantenimiento adicional y complejidad de ciclo de vida.

LA RECUPERACIÓN SOLO ES ÚTIL CUANDO EL AHORRO NO CREA UNA NUEVA DEPENDENCIA DE CONTENCIÓN QUE NO PUEDA CONTROLARSE.

VERIFIQUE TANTO EL AHORRO COMO EL ESTADO DE CONTENCIÓN

Una medida energética no está completa cuando disminuyen velocidad de ventilador, flujo o consumo. El nuevo estado operativo debe demostrar las funciones de contención expuestas por el cambio.

La verificación de contención puede incluir

- jerarquía de presión y flujo direccional;
- perturbación por puertas y recuperación;
- comportamiento de alarmas e interbloqueos;
- autoridad de ventilador/control en el nuevo punto operativo;
- estados de falla y transición relevantes;
- límites de temperatura/humedad o proceso;
- funciones de filtración o tratamiento afectadas.

La verificación energética debe confirmar

- horario real después del cambio;
- flujo medido/velocidad de ventilador o estado de equipo;
- consumo de servicios o submedición durante un periodo representativo;
- normalización por clima/operación cuando sea necesaria;
- ausencia de penalizaciones compensatorias como mayor reheat, energía de bombeo o control inestable.

Jerarquía de optimización

Corregir fallas y deriva → eliminar carga innecesaria → optimizar controles y horarios → considerar recuperación apropiada → evaluar generación renovable contra la línea base minimizada y justificada.

UN NÚMERO DE ENERGÍA MÁS BAJO SOLO ES ÚTIL SI LA CONDICIÓN DE CONTENCIÓN ACEPTADA SIGUE SIENDO DEMOSTRABLE.

QUÉ NO HACER PRIMERO

No reduzca ACH porque el número “parece alto”.

Primero establezca qué función cumple el flujo: presión, remoción térmica, dilución, extracción de proceso u otra.

No retire filtración solo para reducir presión estática.

Confirme si la etapa de filtración es requerida por el riesgo y la estrategia de extracción.

No instale recuperación por analogía con un edificio de oficinas.

Evalúe aislamiento de corrientes, fugas, exposición de mantenimiento y efectos sobre control de presión.

No asuma que alto consumo significa equipos ineficientes.

La carga dominante puede haber sido creada aguas arriba por flujo, zonificación o decisiones de envolvente.

No amplíe límites de presión para hacer funcionar menor flujo.

Los criterios de aceptación no deben cambiarse simplemente para ajustarse a una meta energética.

No trate generación renovable como corrección de ineficiencia.

La generación puede compensar consumo; no elimina carga mecánica innecesaria.

REDUZCA LA CARGA QUE ES INNECESARIA. PRESERVE LA CARGA QUE LA ESTRATEGIA DE CONTENCIÓN REALMENTE REQUIERE.

¿POR QUÉ LA INSTALACIÓN CONSUME TANTA ENERGÍA?

01

¿Existe una línea base energética y un horario de operación creíbles?

No → establezca consumo, horarios y principales cargas del sistema.

Sí → continúe.

02

¿Puede vincularse la carga principal con un requisito definido de contención u operación?

No o incierto → rastree la base de diseño antes de optimizar.

Sí → continúe.

03

¿El flujo de aire es mayor de lo necesario para cumplir esos requisitos?

Sí → determine si la causa es ACH heredado, fugas, margen de control o carga térmica.

No → continúe.

04

¿La presión estática o resistencia es innecesariamente alta?

Sí → revise filtros, ductos, dampers, housings y punto de operación del ventilador.

No → continúe.

05

¿La zonificación, horarios o controles generan demanda evitable?

Sí → desarrolle una estrategia de optimización controlada y pruebe el nuevo estado.

No → continúe.

06

¿La demanda restante fue minimizada dentro de restricciones justificadas de contención?

No → continúe optimización a nivel de sistema.

Sí → evalúe recuperación y renovables contra la línea base restante.

QUÉ RECOPIRAR ANTES DE RECOMENDAR CAMBIOS

Datos de energía

- historial de servicios;
- submedición;
- demanda pico;
- patrones estacionales;
- horarios operativos.

Base de contención

- supuestos de riesgo;
- estrategia de presión;
- requisitos de filtración;
- redundancia;
- modos de operación requeridos.

Sistemas de aire

- CFM de suministro/extracción;
- ACH;
- velocidad de ventilador;
- presión estática;
- DP de filtros;
- posición de dampers.

Condición física

- fugas de envoltente;
- zonificación;
- cargas de equipo;
- secuencias de control;
- historial de mantenimiento.

Objetivo de revisión: mostrar qué cargas son requeridas, cuáles son evitables y qué verificación será necesaria si se modifica el sistema.

ANTES DE REDUCIR LA DEMANDA ENERGÉTICA

Utilice esta lista como filtro de revisión. Un punto marcado no constituye aceptación; cada elemento debe interpretarse contra la base de riesgo, la configuración del sitio y los criterios aplicables.

- ☐ Definir una línea base energética normalizada: límite de medición, periodo, horas de operación, ocupación, cargas activas y condiciones relevantes.
- ☐ Separar la demanda técnicamente justificada por contención de la carga potencialmente evitable.
- ☐ Comparar caudales y diferenciales de presión con la necesidad funcional real, no solo con valores históricos.
- ☐ Revisar fugas de envolvente y transferencias de aire que puedan estar obligando al sistema a mover más aire del necesario.
- ☐ Evaluar presión estática, posición de dampers, velocidad de ventiladores, pérdidas de filtro y señales de operación cerca del límite de control.
- ☐ Revisar zonificación, horarios, modos reducidos y espacios que permanecen activos sin necesidad operacional demostrada.
- ☐ Identificar cargas térmicas o de proceso que estén siendo compensadas por mayor ventilación sin que esa sea la solución óptima.
- ☐ Definir la medida propuesta y la función de contención que podría verse afectada antes de modificar caudales, presiones o redundancia.
- ☐ Después de cualquier optimización, verificar nuevamente presión, direccionalidad, alarmas, control, recuperación y desempeño energético.

Nota de uso técnico: Esta lista de revisión es una herramienta de apoyo diagnóstico. No establece criterios de aceptación específicos del sitio, no sustituye la evaluación de riesgos ni el juicio profesional, no constituye certificación y no autoriza la operación o el retorno al servicio.

Si la revisión identifica una condición que requiere evaluación específica del sitio, BioLab Solutions puede apoyar la evaluación técnica, la verificación y la definición de la evidencia requerida.

PROFUNDICE EN FLUJO, ENVOLVENTES Y ENERGÍA DE CICLO DE VIDA

NT-010-012

Flujo direccional, cascadas de presión y ACH

NT-021-024

Continuidad de envoltorio y hermeticidad

NT-045

Sostenibilidad como dependencia de contención

NT-047

Límites de recuperación energética en laboratorios de alta contención

NT-014-017

Control HVAC, autoridad de extracción, redundancia y jerarquía de control

NT-039

Deriva del ciclo de vida en sistemas de contención

NT-046

Net Zero como resultado del sistema

NT-048

Energía de ciclo de vida en instalaciones de contención

GUÍAS DIAGNÓSTICAS BIOLAB

Recursos técnicos breves organizados alrededor de problemas reales de contención y no de disciplinas aisladas.

Concepto de la serie: síntoma → sistema → evidencia → restauración.

EL AHORRO ENERGÉTICO MÁS EFECTIVO PUEDE SER UNA CORRECCIÓN TÉCNICA AGUAS ARRIBA.

Las instalaciones de alta contención suelen consumir más energía que espacios convencionales porque sus requisitos operativos son diferentes.

La tarea diagnóstica es determinar cuánto de esa demanda es inherente a la estrategia aceptada y cuánto fue añadido por fugas, exceso de flujo, resistencia, zonificación, comportamiento de control o supuestos operativos.

Cuando esos impulsores estructurales se comprenden, la optimización se vuelve más precisa. El objetivo es una instalación que mantenga desempeño de contención justificado sin más carga mecánica de la que ese desempeño requiere.

BIOLAB SOLUTIONS

Apoyo técnico independiente para planeación, diseño, commissioning, evaluación y gestión del ciclo de vida de laboratorios de alta contención.

Para una evaluación específica del sitio, BioLab Solutions puede apoyar la revisión técnica, la verificación y la definición de criterios de evidencia.

CARGA → CAUSA → BASE DE CONTENCIÓN → OPTIMIZACIÓN