



## Sesión 002-002 — Diseño en profundidad: sistemas críticos e infraestructura

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

### Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-002. Identifica las secciones conceptuales principales, las decisiones críticas de diseño y las transiciones lógicas de la sesión. Funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

### SECCIÓN 1 — El laboratorio como sistema vivo

Enfoque principal: Introducir el laboratorio como un sistema dinámico y vivo, más que como una colección estática de muros, equipos o especificaciones.

Puntos clave:

- El curso se basa en experiencia acumulada en proyectos de alta contención en América Latina.
- El laboratorio no se define únicamente por muros, filtros o ventilación.
- La contención, el confort y la eficiencia dependen de cómo los sistemas interactúan en el tiempo.
- El laboratorio debe entenderse como un sistema que evoluciona durante la operación.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Es un laboratorio solo una colección de componentes?
- ¿Qué ocurre cuando una parte del sistema cambia?

Señal de orientación: Establece el pensamiento sistémico como lente fundamental de toda la sesión.

## SECCIÓN 2 – Diseño en profundidad como enfoque basado en desempeño

Enfoque principal: Definir qué significa “diseño en profundidad” en el contexto de laboratorios de alta contención.

Puntos clave:

- El diseño en profundidad va más allá de planos y catálogos de equipos.
- Requiere anticipar el comportamiento del laboratorio a 10, 15 o 20 años.
- Las decisiones afectan la hermeticidad, la respuesta del sistema ante fallas, el consumo energético y la seguridad del personal.
- Cada componente existe por una razón dentro de un equilibrio mayor.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo se comportará este laboratorio años después de la puesta en marcha?
- ¿Qué ocurre cuando se modifica un componente?

Señal de orientación: Plantea el diseño como una cuestión de desempeño a largo plazo, no como una tarea constructiva de corto plazo.

## SECCIÓN 3 – Capas del diseño de contención

Enfoque principal: Presentar la contención como un sistema por capas compuesto por múltiples elementos interdependientes.

Puntos clave:

- Se introducen las barreras físicas como una capa de la contención.
- Los sistemas de ingeniería críticos soportan la contención.
- La gestión energética se integra al desempeño de la contención.
- La sesión culmina con un caso real de integración.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde reside realmente la contención?
- ¿Puede un solo sistema garantizar la contención por sí mismo?

Señal de orientación: Prepara al participante para entender la contención como sistema y no como elemento aislado.

## SECCIÓN 4 – Sistemas críticos como elementos de contención

Enfoque principal: Ubicar a los sistemas críticos como componentes integrales de la contención, no como infraestructura auxiliar.

Puntos clave:

- Los sistemas HVAC no son solo sistemas de confort.
- El comportamiento del aire afecta directamente la estabilidad de la contención.
- El flujo direccional y los gradientes de presión son mecanismos de contención.
- El balance del sistema es esencial; modificar un elemento afecta a todos los demás.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre si se modifica el balance de aire sin coordinación?
- ¿Puede existir contención sin un control estable del flujo de aire?

Señal de orientación: Transita de la contención conceptual a las realidades mecánicas y operativas.

## SECCIÓN 5 – Flujo de aire direccional y control de presión

Enfoque principal: Explicar la lógica del flujo de aire direccional y de la presión diferencial en laboratorios BSL-3.

Puntos clave:

- Un laboratorio BSL-3 no está completamente sellado.
- La barrera secundaria es el flujo de aire direccional.
- La fuga controlada es intencional y gestionada.
- Las diferencias de presión entre salas mantienen la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde queremos que ocurran las fugas?
- ¿Qué sucede cuando se abren las puertas?

Señal de orientación: Aclara conceptos erróneos comunes sobre sellado y contención.

## SECCIÓN 6 – Dispositivos de control de aire como componentes críticos de contención

Enfoque principal: Describir los dispositivos de control de aire como elementos críticos de la contención.

Puntos clave:

- Los dispositivos de control de aire no son componentes HVAC genéricos.

- Las válvulas Venturi y compuertas controlan direccionalidad y estabilidad.
- Estos dispositivos determinan la recuperación tras eventos dinámicos.
- Deben cumplir criterios aerodinámicos y de integridad de contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué define una válvula de aire de grado de contención?
- ¿Cómo afecta el tiempo de recuperación a la seguridad?

Señal de orientación: Vincula decisiones mecánicas directamente con resultados de bioseguridad.

## SECCIÓN 7 – Medición, monitoreo y estabilidad del sistema

Enfoque principal: Destacar la medición y el monitoreo como base del control de la contención.

Puntos clave:

- La contención depende de mediciones confiables.
- Sin datos, el sistema está ciego.
- Los sensores de presión diferencial deben ubicarse estratégicamente.
- La calibración es esencial para evitar inestabilidad y consumo energético excesivo.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando los sensores son inexactos?
- ¿Puede confiarse en la contención sin verificación?

Señal de orientación: Introduce la verificación como requisito operativo continuo.

## SECCIÓN 8 – Sistemas HVAC y demanda energética en laboratorios BSL-3

Enfoque principal: Explicar por qué los sistemas HVAC dominan el consumo energético en laboratorios de alta contención.

Puntos clave:

- El aire es el principal consumidor de energía en un BSL-3.
- El aire de paso único y la operación continua impulsan la demanda.
- El aire debe acondicionarse completamente antes de ingresar al laboratorio.
- Las decisiones de diseño HVAC afectan directamente energía y contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué los laboratorios BSL-3 consumen de 10 a 20 veces más energía?
- ¿Dónde puede introducirse eficiencia sin generar riesgo?

Señal de orientación: Prepara la integración entre sostenibilidad y contención.

## SECCIÓN 9 – Sostenibilidad como estrategia de contención

Enfoque principal: Presentar la sostenibilidad como parte integral de la bioseguridad, no como un objetivo separado.

Puntos clave:

- Sostenibilidad no significa reducir energía a cualquier costo.
- La eficiencia no debe comprometer la contención.
- Las mejoras técnicas también pueden ser mejoras ambientales.
- La sostenibilidad es una forma de pensar, no un adorno.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede un laboratorio más seguro ser también más eficiente?
- ¿Qué ocurre cuando la sostenibilidad se considera tarde?

Señal de orientación: Replantea la sostenibilidad como un tema de seguridad y resiliencia.

## SECCIÓN 10 – Jerarquía de estrategias energéticas

Enfoque principal: Introducir la secuencia prioritaria para la toma de decisiones energéticas.

Puntos clave:

- Primero: reducir la demanda.
- Segundo: optimizar los sistemas.
- Tercero: recuperar energía.
- Cuarto: generar energía renovable.
- La generación renovable sólo tiene sentido cuando la demanda está definida.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué el dimensionamiento fotovoltaico va al final?
- ¿Qué ocurre cuando la generación compensa ineficiencias?

Señal de orientación: Establece orden y disciplina en la toma de decisiones energéticas.

## SECCIÓN 11 – Caso integrado: SAG Lo Aguirre

Enfoque principal: Aplicar los conceptos de la sesión a un proyecto real de laboratorio de alta contención.

Puntos clave:

- Se presenta el laboratorio BSL-3+ SAG Lo Aguirre en Chile.
- Las decisiones de diseño condujeron a un edificio carbono neutral.

- Certificación bajo CES e ISO 50001.
- Demuestra que la contención y sostenibilidad son compatibles.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo se traducen estas decisiones en edificios reales?
- ¿Qué compromisos fueron necesarios?

Señal de orientación: Demuestra la integración entre teoría y práctica.

## SECCIÓN 12 – Costo de ciclo de vida y responsabilidad ética

Enfoque principal: Cerrar la sesión vinculando las decisiones de diseño con el costo de ciclo de vida y la responsabilidad.

Puntos clave:

- La construcción es solo una fracción del costo total del ciclo de vida.
- La operación y el mantenimiento dominan los costos de largo plazo.
- La capacitación continua y la recommissioning son esenciales.
- Planificar es una responsabilidad ética, no solo técnica.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué define el éxito si un laboratorio no puede sostenerse?
- ¿Quién asume las consecuencias de una mala planificación?

Señal de orientación: Cierra la sesión reafirmando la planificación como una decisión estratégica y no como un ejercicio de diseño.