



## Sesión 002-006 — Capacitación, Operación, y Mantenimiento

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 002-006, identificando no solo los temas tratados, sino la lógica que los conecta. La sesión no introduce elementos aislados, sino que desarrolla una cadena continua: desde la operación como punto crítico de la contención, pasando por la interpretación del sistema bajo condiciones reales, hasta la toma de decisiones, la gobernanza y la sostenibilidad del desempeño en el tiempo. Este documento funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

### SECCIÓN 1 — La contención se define en la operación

Enfoque principal:

Establecer que la contención no se pierde en ausencia de sistemas, sino durante la operación bajo condiciones reales, donde el comportamiento del sistema determina el desempeño.

Puntos clave:

- El laboratorio no falla cuando está apagado.
- La contención se sostiene en condiciones reales de operación.
- La variabilidad y la intervención humana son constantes.

- El sistema se degrada con el tiempo si no se controla.
- La operación define si la contención existe en la práctica.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo se pierde realmente la contención?
- ¿Puede un sistema técnicamente correcto fallar en operación?

Señal de orientación:

Introduce la operación como el punto crítico donde se confirma o se pierde la contención.

## SECCIÓN 2 — El laboratorio como sistema integrado

Enfoque principal:

Reubicar el laboratorio como un sistema compuesto por personas, reglas, decisiones y mantenimiento, donde la infraestructura es solo una parte.

Puntos clave:

- El laboratorio no es el edificio.
- Es un sistema compuesto por múltiples elementos interdependientes.
- Personas, procedimientos, decisiones y mantenimiento interactúan constantemente.
- La infraestructura no garantiza el comportamiento.
- La contención depende de la coherencia del sistema completo.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde existe realmente el laboratorio: en el edificio o en el sistema?
- ¿Qué ocurre si uno de los elementos no está alineado?

Señal de orientación:

Define el cambio de marco de componente a sistema.

## SECCIÓN 3 — Operación y mantenimiento como control del sistema

Enfoque principal:

Establecer que la operación y el mantenimiento no mantienen equipos, sino condiciones de contención.

Puntos clave:

- El objetivo no es que los equipos funcionen.
- Es que el sistema mantenga condiciones de contención.
- El comportamiento del sistema es la variable crítica.
- La operación implica control continuo.
- El mantenimiento modifica el comportamiento del sistema.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué se está manteniendo realmente?
- ¿Qué ocurre si el equipo funciona pero el sistema no contiene?

Señal de orientación:  
Reformula el propósito de operación y mantenimiento.

## SECCIÓN 4 — Interpretación del sistema vs valores medidos

Enfoque principal:  
Diferenciar entre indicadores (como presión) y comportamiento real del sistema.

Puntos clave:

- La presión es un indicador indirecto.
- La contención depende de la dirección del flujo.
- El sistema puede cumplir setpoints y fallar.
- El BMS representa el sistema, no lo garantiza.
- La verificación requiere observación real.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué significa realmente un valor correcto?
- ¿Puede un sistema parecer estable y no contener?

Señal de orientación:  
Introduce la necesidad de interpretar, no solo medir.

## SECCIÓN 5 — Transitorios y condiciones dinámicas

Enfoque principal:  
Explicar que la mayoría de las fallas ocurren en condiciones dinámicas, no en estado estable.

Puntos clave:

- El sistema no opera en condiciones ideales constantes.
- Puertas, carga térmica y uso generan perturbaciones.
- Los transitorios afectan la dirección del flujo.
- El sistema debe recuperarse rápidamente.
- La contención se compromete en esos intervalos.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Dónde ocurren realmente las fallas?
- ¿Qué pasa durante una perturbación?

Señal de orientación:  
Introduce la dinámica real del sistema.

## SECCIÓN 6 — Verificación del sistema tras intervención

Enfoque principal:

Establecer que ninguna intervención está completa hasta verificar el comportamiento del sistema completo.

Puntos clave:

- El componente puede funcionar correctamente.
- El sistema puede no haber recuperado su equilibrio.
- La verificación debe ser funcional, no solo técnica.
- Se debe validar caudal, presión y flujo.
- La falta de verificación genera degradación silenciosa.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cuándo se considera terminada una intervención?
- ¿Qué ocurre si no se verifica el sistema completo?

Señal de orientación:

Introduce la verificación como requisito operativo.

## SECCIÓN 7 — La capacitación como condición de contención

Enfoque principal:

Definir la capacitación como un componente estructural del sistema, no como actividad secundaria.

Puntos clave:

- La capacitación no es complementaria.
- Es parte del sistema de contención.
- La formación deficiente equivale a fallo operativo.
- El conocimiento debe alinearse con el sistema real.
- La capacitación define la capacidad de operar.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede existir contención sin capacitación adecuada?
- ¿Qué ocurre cuando el personal no entiende el sistema?

Señal de orientación:

Posiciona la capacitación como elemento crítico.

## SECCIÓN 8 — Decisión bajo condiciones reales

Enfoque principal:

Explicar que los procedimientos no cubren todas las condiciones y que la operación requiere toma de decisiones.

Puntos clave:

- No existen procedimientos para todas las situaciones.
- El sistema opera bajo incertidumbre.
- El operador debe interpretar condiciones.
- Debe adaptar su comportamiento.
- La decisión sostiene la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando el procedimiento no aplica?
- ¿Cómo se decide bajo incertidumbre?

Señal de orientación:

Introduce la decisión como capacidad central.

## SECCIÓN 9 — Factores humanos como variable del sistema

Enfoque principal:

Analizar el comportamiento humano como parte integral del sistema de contención.

Puntos clave:

- El comportamiento no es externo al sistema.
- La inexperiencia, complacencia y sobreconfianza generan riesgo.
- Las desviaciones se normalizan.
- El sistema puede degradarse sin percibirse.
- La contención depende del comportamiento.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo cambia el riesgo con la experiencia?
- ¿Qué tipo de operador representa mayor riesgo?

Señal de orientación:

Integra el factor humano al sistema técnico.

## SECCIÓN 10 — Gobernanza y autoridad de decisión

Enfoque principal:

Definir la contención como resultado de decisiones organizacionales estructuradas.

Puntos clave:

- La contención no es solo técnica.
- Depende de quién decide.
- Se requiere claridad en roles.
- Deben existir criterios de detención.
- La ambigüedad debilita el sistema.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Quién decide en condiciones críticas?
- ¿Qué ocurre si nadie tiene autoridad clara?

Señal de orientación:

Introduce la gobernanza como estructura de control.

## SECCIÓN 11 — Capacitación continua como sistema

Enfoque principal:

Establecer que la capacitación debe evolucionar con el sistema y no ser un evento puntual.

Puntos clave:

- El sistema cambia constantemente.
- La capacitación debe adaptarse a esos cambios.
- Debe incorporar eventos reales.
- Debe ser validada periódicamente.
- Mantiene la coherencia operativa.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre si el sistema cambia y la capacitación no?
- ¿Se mantiene la capacidad operativa en el tiempo?

Señal de orientación:

Extiende la capacitación al ciclo de vida operativo.

## SECCIÓN 12 — Operación como parte de un sistema mayor

Enfoque principal:

Introducir el laboratorio como parte de una red donde decisiones locales afectan el sistema global.

Puntos clave:

- El laboratorio no es una unidad aislada.
- Forma parte de una red institucional.
- Las decisiones locales impactan el sistema global.
- Existe interdependencia entre nodos.
- La capacidad depende de la coordinación.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando un laboratorio falla dentro de una red?
- ¿Cómo se distribuye el riesgo entre nodos?

Señal de orientación:

Cierra la sesión ampliando el sistema a escala institucional.

## Cómo utilizar este mapa de la clase

Al revisar la sesión:

- Identificar cómo la contención se sostiene en operación.
- Reconocer el laboratorio como sistema integrado.
- Entender la diferencia entre medición e interpretación.
- Evaluar el rol de la capacitación y la decisión.
- Analizar la gobernanza como estructura de control.