

1. Protocolo de Investigación Docente — Clase 1 de 5

Pensamiento propio y rastro visible: diagnóstico inicial de un sistema hidráulico de recirculación, filtración y control de calidad de agua

Universidad de Santiago de Chile · Facultad de Ingeniería

Campo	Detalle
Asignatura	Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales (14362-0-L-1)
Sesión	Clase 1 de 5
Título	Diagnóstico inicial de un sistema hidráulico de recirculación, filtración y control de calidad de agua
Modalidad	Laboratorio presencial — trabajo individual (P6)
Duración estimada	80 minutos
Rol del tutor socrático	Aparece después del rastro inicial. La fase previa llega hasta el minuto 35; el rastro individual sin IA se produce entre los minutos 15 y 35.
Versión del protocolo	v1.2 — Mayo 2026 (corrige duración 90→80 min per P4; alinea con Guion C1 v1.2)

1.0.1 Nota sobre esta versión

La v1.2 corrige la duración de 90 a 80 minutos, alineando con la premisa P4 y con el Guion Docente C1 v1.2 que ya documentó explícitamente: “El timeline anterior sumaba 90 min por error aritmético.” Las fases internas se redistribuyen según el Guion v1.2 verificado.

La v1.1 había corregido una inconsistencia interna sobre el rol del chatbot. Esa corrección se preserva íntegramente.

1.1 0. Principio de puesta en escena pedagógica

La Clase 1 se ejecuta como entrada a una instalación industrial con un problema operacional, no como demostración de una herramienta digital. El estudiante debe encontrarse primero con el sistema hidráulico: piscina, bomba, filtro, dosificación, sensores, retorno, turbidez, registros incompletos y decisión técnica.

La IA aparece solo después del rastro propio, como tutor socrático subordinado. Su función es presionar la hipótesis inicial, no producir una respuesta.

1.2 1. Encuadre investigativo

1.2.1 1.1 Problema de investigación

La irrupción de la IA generativa en el entorno universitario ha erosionado la validez de las evaluaciones centradas en productos finales: un informe de laboratorio, una respuesta técnica o un análisis de falla pueden ser generados — total o parcialmente — por herramientas externas, sin que el proceso de razonamiento del estudiante haya sido activado. Esta situación no es un problema de deshonestidad académica; es un problema de diseño instruccional.

El presente piloto responde a esa condición rediseñando la experiencia de aprendizaje para capturar proceso, no solo resultado.

1.2.2 1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo cambia la calidad del razonamiento técnico de los estudiantes cuando se les exige producir pensamiento propio antes de interactuar con un chatbot socrático y defender posteriormente una decisión técnica?

1.2.3 1.3 Hipótesis pedagógica

El uso de un chatbot socrático, combinado con rastro inicial visible y transferencia final a un caso nuevo, puede fortalecer la evidencia de razonamiento técnico en vez de sustituirlo. La regla institucional que sostiene la metodología es una sola: la IA nunca llega antes que el pensamiento propio.

1.2.4 1.4 Unidad de análisis

La trayectoria de razonamiento del estudiante a lo largo de las cinco sesiones, no el producto final de cada una. La evidencia principal no es la respuesta correcta, sino el proceso de construcción de esa respuesta.

1.2.5 1.5 Función específica de esta sesión en el diseño del piloto

La Clase 1 cumple cuatro funciones simultáneas:

- **Función pedagógica:** activación de conocimiento previo antes de cualquier intervención externa, seguida del primer contraste socrático.

- **Función de línea base intra-sesión:** la fase pre-chatbot llega hasta el minuto 35; dentro de ella, los minutos 15–35 producen el rastro de razonamiento individual sin IA. Ese rastro es el documento ancla del piloto.
- **Función de primer contraste:** la fase posterior expone al estudiante al chatbot socrático, conduce a una decisión defendible y produce la primera evidencia de revisión cognitiva inducida por IA.
- **Función longitudinal:** el rastro inicial será devuelto en Clase 2 para autoevaluación, generando la primera medición de desplazamiento cognitivo entre sesiones.

***Aclaración metodológica importante:** La “línea base” del piloto no equivale a la sesión completa de Clase 1. La línea base es el rastro individual producido entre los minutos 15–35, dentro de la fase pre-chatbot que termina en el minuto 35, antes de que el estudiante interactúe con cualquier mediación de IA. La interacción posterior con el chatbot dentro de la misma sesión es ya parte de la intervención, no de la línea base.*

1.3 2. Propósitos de la sesión

1.3.1 2.1 Propósito pedagógico

Que el estudiante (a) identifique componentes, variables críticas, hipótesis de falla y datos faltantes de un sistema hidráulico complejo usando exclusivamente su conocimiento previo durante el rastro individual sin IA (minutos 15–35); y (b) someta luego ese razonamiento al contraste socrático del chatbot, sin recibir respuestas directas.

1.3.2 2.2 Propósito investigativo

Capturar dos evidencias clave: (a) el rastro de razonamiento técnico del estudiante antes de cualquier mediación de IA — línea base intra-sesión —; y (b) la primera evidencia de revisión cognitiva inducida por el chatbot dentro de la misma sesión, comparable con el rastro inicial del mismo estudiante.

1.3.3 2.3 Pregunta guía para el estudiante

¿Cómo represento este sistema técnico con lo que sé ahora? ¿Qué hipótesis puedo formular?
¿Qué necesito saber que aún no sé?

1.4 3. Descripción del caso

1.4.1 3.1 Contexto operacional

Se presenta a los estudiantes un sistema real o verosímil de la asignatura: una instalación hidráulica que combina recirculación de agua, filtración por etapas y control de parámetros de calidad (pH, ORP/redox, temperatura). El sistema reporta un comportamiento anómalo durante el día: agua progresivamente turbia, olor leve, irritación ocular, mayor necesidad de intervención manual.

1.4.2 3.2 Criterio de diseño del caso

El caso debe ser técnicamente ambiguo: no tiene una respuesta única evidente. Esta condición es necesaria para que el rastro de razonamiento sea distinguible entre estudiantes y para que la hipótesis inicial sea genuinamente del estudiante, no una respuesta convergente obvia.

1.4.3 3.3 Material entregado al estudiante

- Hoja de caso con descripción del sistema, parámetros operacionales disponibles y síntomas reportados.
- Hoja de trabajo en blanco, numerada por secciones, para esquema, hipótesis, datos faltantes, decisión preliminar y reflexión.
- Instrucciones escritas de la sesión.

Condición de línea base intra-sesión (minutos 15–35): Durante el rastro individual no se permite: internet, IA generativa de ningún tipo, consulta entre pares, apuntes no declarados previamente. Se permite: apuntes propios del estudiante declarados al inicio, uso de fórmulas básicas en papel si el docente lo autoriza explícitamente. El tachado no se borra. Es parte del rastro y será analizado.

1.5 4. Instrucciones al estudiante para el rastro inicial

Las instrucciones del rastro inicial (fase pre-chatbot) se entregan por escrito, con el siguiente texto exacto:

Instrucciones del rastro inicial — antes del chatbot

No busques información externa todavía. Lo que importa en esta etapa no es que tengas razón, sino que registres exactamente cómo piensas, antes de cualquier ayuda de IA.

Paso 1 — Esquema del sistema: Dibuja o esquematiza el sistema tal como lo entiendes. Usa flechas, variables, componentes y relaciones. No es un plano técnico: es tu modelo mental del sistema. No busques perfección gráfica.

Paso 2 — Hipótesis inicial: Escribe tu hipótesis principal: ¿qué crees que está ocurriendo en este sistema y por qué? Sé específico sobre el mecanismo, no solo el síntoma.

Paso 3 — Datos faltantes: Lista los datos que necesitarías para confirmar o descartar tu hipótesis. Sé específico: no “más información”, sino qué variable, en qué condición, con qué instrumento, en qué rango.

Paso 4 — Decisión preliminar: Con lo que tienes ahora, toma una decisión preliminar: ¿qué harías? ¿Por qué? ¿Qué riesgo asumes al decidir con información incompleta?

Tiempo disponible: 20 minutos. Trabajo individual sin IA. No borres: el tachado también es evidencia.

1.6 5. Rol del chatbot en esta sesión

El chatbot socrático aparece en la segunda mitad de Clase 1, después de que el rastro inicial ha sido producido y capturado. Su función es socrática: pregunta, no responde.

1.6.1 Distribución temporal del chatbot en Clase 1

Minutos	Estado del chatbot	Descripción
0–35	Ausente	El estudiante produce el rastro inicial sin mediación. Esta es la línea base.
35–40	Captura	El alumno sube foto vía botón “Subir imagen” en la interfaz (DD_18/DD_38). Pipeline automático: n8n → AI Vision → contexto para chatbot PLAN.
40–70	Activo (PLAN socrático)	Modo básico (C1): hace preguntas personalizadas basadas en el rastro del alumno, no entrega respuestas. Trabajo individual (P6).

Minutos	Estado del chatbot	Descripción
70–80	Cierre	Decisión defendible y reflexión de cierre (DD_30). El estudiante cierra con su pensamiento propio, después del contraste.

La regla institucional se cumple incluso dentro de Clase 1: el rastro pre-chatbot es la línea base; el chatbot opera solo después de que ese rastro existe.

1.7 6. Secuencia docente — Guion de sesión

Duración total: 80 minutos (P4). La distribución temporal es firme. No se recorta la fase de rastro inicial pre-chatbot bajo ninguna circunstancia: esa es la evidencia de línea base del piloto. Timeline alineado con Guion C1 v1.2.

Tiempo	Fase	Acción del docente	Acción del estudiante
0–15 min	Encuadre	Presenta el piloto, la regla institucional, el caso técnico e instrucciones del rastro. Establece reglas: sin internet, sin IA externa, sin consulta entre pares. El consentimiento ya fue firmado pre-curso (DD_21/DD_37). Los alumnos recibieron vocabulario técnico el día anterior vía WhatsApp (DD_35).	Escucha, recibe el caso, lee, confirma acceso a plataforma.
15–35 min	Rastro inicial — pre-chatbot (línea base)	Permanece disponible solo para dudas sobre el enunciado. No orienta la solución. Observa silenciosamente. NO interviene metodológicamente.	Ejecuta los 4 pasos del rastro inicial. No borra. Trabajo individual (P6).

Tiempo	Fase	Acción del docente	Acción del estudiante
35–40 min	Captura + acceso al chatbot	Indica al alumno que suba foto usando “Subir imagen”. Pipeline: n8n → AI Vision → contexto para chatbot PLAN. Anuncia chatbot: pregunta, no responde. Se activa automáticamente (DD_19).	Sube foto del rastro inicial. Confirma recepción. Activa el chatbot.
40–70 min	Contraste socrático individual	Observa el tipo de interacción vía dashboard. Interviene solo si detecta problema técnico o bloqueo severo.	Presenta hipótesis al chatbot. Responde preguntas con argumentos técnicos. Trabajo individual.
70–76 min	Decisión defendible	Indica formato de la decisión (6 campos). Recoge para evidencia.	Formula decisión técnica con justificación, riesgo y dato faltante.
76–80 min	Cierre + reflexión Δ_{intra}	Pide comparación entre rastro inicial y pensamiento actual. Anuncia Clase 2: feedback vía WhatsApp (DD_16).	Escribe comparación: qué corregí, qué agregué, qué descarté. Cierra sesión.

1.8 7. Entregables del estudiante

Cuatro entregables totales por estudiante en Clase 1:

- **Rastro inicial** (esquema, hipótesis, datos faltantes, decisión preliminar) — foto subida a plataforma, fase pre-chatbot.
- **Registro de interacción socrática** con el chatbot — logs automáticos en PostgreSQL, fase post-rastro.
- **Decisión defendible individual** — post-chatbot.
- **Comparación antes/después intra-sesión** — primera evidencia de desplazamiento.

1.8.1 Protocolo de custodia del rastro inicial

El alumno sube foto de su rastro vía botón en la plataforma (min 35–40). La imagen se procesa automáticamente: webhook n8n → AI Vision → resultado en PostgreSQL + almacenamiento en Drive. El chatbot PLAN usa este análisis como contexto para personalizar la presión socrática (DD_38). El documento papel original queda en poder del estudiante para consulta durante la sesión. AGENT_SESSION genera feedback post-sesión (invocando

a AGENT_ANALISTA_SFL como motor SFL) basándose en este rastro + la interacción posterior (DD_16).

1.9 8. Matriz de evidencias para el paper

Cada evidencia recolectada en esta sesión está vinculada a una dimensión de análisis que se aplicará de forma consistente en las cinco sesiones del piloto. Clase 1 produce dos puntos de comparación: pre-chatbot (línea base) y post-chatbot (primer contraste).

Evidencia	Qué revela para el paper	Cómo se registra	Dimensión de análisis
Esquema del sistema (rastros inicial — fase pre-chatbot)	Complejidad del modelo mental antes de la mediación de IA. Línea base intra-sesión.	Fotografía o copia digital del esquema original tal como fue entregado	D1 — Complejidad causal, D2 — Especificidad técnica
Hipótesis inicial (pre-chatbot)	Nivel de causalidad técnica antes de la intervención socrática: ¿identifica síntomas o mecanismos?	Transcripción o copia directa sin edición	D1 — Complejidad causal
Lista de datos faltantes (pre-chatbot)	Capacidad metacognitiva inicial: ¿sabe qué no sabe? ¿Nombra variables o pide “más información”?	Lista tal como fue escrita por el estudiante	D3 — Consciencia epistémica
Decisión preliminar (pre-chatbot)	Tolerancia a la incertidumbre antes de la mediación; criterio de riesgo implícito	Copia directa; se registra si el estudiante evadió o tomó posición explícita	D4 — Decisión bajo incertidumbre
Registro de interacción socrática (post-rastro)	Trayectoria de revisión inducida por el chatbot dentro de la misma sesión	Captura o transcripción de la conversación con el chatbot	D1, D2, D3
Comparación antes/después (intra-sesión)	Primer indicador de desplazamiento cognitivo del piloto: pre-chatbot vs. post-chatbot	Texto comparativo: qué corregí, qué agregué, qué descarté, decisión final	D3 — Consciencia epistémica, D4 — Decisión bajo incertidumbre

1.10 9. Criterios de análisis para el investigador

Las siguientes dimensiones constituyen la rúbrica de codificación cualitativa del piloto. Se aplican en todas las sesiones con la misma definición operacional, lo que permite medir desplazamiento longitudinal.

Cód.	Dimensión	Descripción operacional	Aplica también en
D1	Complejidad causal	¿El estudiante identifica síntomas o mecanismos? ¿Menciona cadenas causa-efecto o solo estados del sistema?	Clases 2, 3, 4, 5
D2	Especificidad técnica	¿Las variables mencionadas son medibles? ¿El lenguaje es operacional o genérico? ¿Nombra instrumentos, rangos, unidades?	Clases 3, 4, 5
D3	Consciencia epistémica	¿El estudiante distingue lo que sabe de lo que supone? ¿Reconoce el límite de su información? ¿Usa lenguaje modal (“podría”, “probablemente”)?	Clases 2, 3, 4, 5
D4	Decisión bajo incertidumbre	¿Toma una posición explícita o evade? ¿Nombra el riesgo que asume? ¿Distingue entre lo que decidiría y lo que recomendaría?	Clases 4, 5

1.11 10. Nota metodológica para el paper

La Clase 1 ocupa un lugar singular en el diseño del piloto: contiene tanto la línea base intra-sesión (rastros individuales sin IA, minutos 15–35) como la primera intervención (minutos 40–70, con chatbot socrático). Esta arquitectura permite dos comparaciones diferenciadas:

- **Comparación intra-sesión:** rastros inicial pre-chatbot vs. decisión defendible post-chatbot del mismo estudiante en Clase 1. Mide el efecto inmediato del primer contraste socrático.
- **Comparación longitudinal:** rastros inicial de Clase 1 vs. rastros de Clases 2, 3, 4 y 5 del mismo estudiante. Mide la trayectoria de razonamiento a lo largo del piloto.

La decisión metodológica de incluir el chatbot dentro de Clase 1 — en lugar de aislarlo en Clase 2 — responde a una consideración pedagógica: el estudiante necesita experimentar el ciclo

completo (pensamiento propio → contraste → decisión) en la primera sesión para internalizar la lógica del piloto. La línea base se preserva mediante la separación temporal estricta dentro de la sesión: el rastro individual se produce sin IA antes de cualquier interacción con el chatbot.

El paper debe reportar explícitamente esta arquitectura: la línea base es intra-sesión, no inter-sesión. Esto es una limitación metodológica honesta — no es un RCT con grupo de control puro — pero es defendible para un piloto exploratorio cuyo objetivo es validar la viabilidad de la metodología, no demostrar causalidad estadística.

La devolución del rastro inicial al inicio de la Clase 2 (no de la Clase 3, como decía erróneamente la versión 1.0 de este protocolo) es el dispositivo metodológico que conecta línea base con seguimiento longitudinal. Sin esa devolución, la autoevaluación que abre la Clase 2 sería imposible.

Protocolo Clase 1 v1.2 · Piloto IA-Socrático · Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales · Universidad de Santiago de Chile · Facultad de Ingeniería — Departamento de Ingeniería Industrial · Mayo 2026