

1. Protocolo de Investigación Docente — Clase 3 de 5

Monitorear un sistema técnico: señal, ruido y datos que mienten

Universidad de Santiago de Chile · Facultad de Ingeniería

Campo	Detalle
Asignatura	Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales (14362-0-L-1)
Sesión	Clase 3 de 5
Título	Monitorear un sistema técnico: señal, ruido y datos que mienten
Modalidad	Laboratorio presencial — trabajo individual (P6)
Duración estimada	80 minutos (P4)
Rol del tutor socrático	Contraste sobre calidad de datos (min 15–37) + revisión profesional de reporte de tendencias imperfecto (min 40–72). El profesor controla la transición interna desde su interfaz (DD_19).
Versión del protocolo	v1.2 — Mayo 2026 (reestructura Markdown al arquetipo C1; contenido v1.1 preservado)

1.0.1 Nota sobre esta versión

La v1.2 no modifica el contenido metodológico de la v1.1. Únicamente reestructura el Markdown para alinearse con el arquetipo aprobado del Protocolo C1 v1.2: encabezados con #, tablas Markdown reales, listas con guiones y notas en bloques >. Esto garantiza que Pandoc + XeLaTeX generen un PDF con la misma jerarquía tipográfica, tablas **booktabs** y pie de página institucional que el Protocolo C1.

1.1 0. Principio de puesta en escena pedagógica

La Clase 3 se ejecuta como trabajo de sala de control: SCADA, sensores, alarmas, ruido, calibración dudosa, bitácora de operador y consecuencias operacionales. La idea central para el estudiante es que un sensor no es la realidad; es una medición situada.

La IA no interpreta los datos por el estudiante. Presiona su confianza en sensores, tendencias y causalidades aparentes, y luego lo enfrenta a un reporte profesional cuya forma puede ser convincente aunque su lógica sea débil.

1.2 1. Encuadre investigativo

1.2.1 1.1 Problema de investigación

Los datos SCADA son la fuente primaria de evidencia operacional en sistemas industriales. Pero los datos no hablan por sí solos: un sensor descalibrado genera datos falsos con apariencia de datos reales; una correlación temporal entre dos variables no implica causalidad; una alarma puede ser genuina o puede ser ruido amplificado por un offset. La IA generativa puede producir análisis de datos SCADA impecables en formato pero con errores causales invisibles para quien no tiene criterio propio.

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.

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.

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

La Clase 3 cumple cuatro funciones simultáneas:

- **Función pedagógica:** desarrollar la capacidad de distinguir señal de ruido en datos reales, detectar sesgos instrumentales y resistir el sesgo de confirmación.
- **Función de escalamiento de errores:** el BUILD pasa de errores obvios (C2) a errores sutiles (DD_8) — correlación tratada como causalidad, sensor descalibrado usado como confiable, tendencia real enmascarada por ruido.
- **Función de complejidad de datos:** el estudiante pasa de 6 lecturas \times 6 variables (C2) a 60 lecturas \times 6 variables técnicas + estado de alarma (C3), introduciendo la dimensión temporal sostenida.
- **Función longitudinal:** la comparación del rastro C2 (devuelto al inicio) con el rastro C3 produce la segunda medición de desplazamiento inter-sesión.

1.3 2. Propósitos de la sesión

1.3.1 2.1 Propósito pedagógico

Que el estudiante (a) analice un dataset SCADA de 60 filas identificando tendencias reales vs. variaciones aleatorias, (b) detecte un sesgo instrumental oculto (sensor de pH con offset de +0.15), (c) distinga alarmas falsas de alarmas genuinas, (d) evalúe críticamente un reporte generado por IA que trata correlación como causalidad.

1.3.2 2.2 Propósito investigativo

Capturar evidencia de: (a) capacidad de análisis de datos temporales antes de la mediación de IA; (b) resistencia al sesgo de confirmación durante el contraste socrático; (c) detección de errores sutiles en un documento generado por IA.

1.3.3 2.3 Pregunta guía para el estudiante

¿Qué le está pasando realmente al sistema? ¿Los datos dicen lo que parece que dicen? ¿En qué datos confías y en cuáles no?

1.4 3. Descripción del caso

1.4.1 3.1 Contexto operacional

Centro Acuático Municipal de Maipú, tres semanas después del incidente de C2. El sistema SCADA ha estado registrando datos continuamente. El operador Muñoz reporta que “todo funciona normal”. Sin embargo, las 60 lecturas de las últimas 10 horas muestran patrones que requieren análisis.

1.4.2 3.2 Criterio de diseño del dataset

El dataset contiene cuatro trampas diseñadas:

- **Sensor de pH con offset de +0.15:** todas las lecturas de pH están sistemáticamente infladas. El alumno que no detecta el offset llega a conclusiones erróneas sobre el estado químico del agua.
- **Bomba ligeramente sobredimensionada:** el caudal parcial del ramal cae gradualmente (~7%), proporcional al orden de magnitud observado en C2, pero la bomba mantiene operación sin shutdown; esto enmascara la severidad inicial de la obstrucción si el alumno mira solo caudal.

- **Falsas alarmas:** el pulso transitorio de ORP y el salto aislado de turbidez no representan recuperación ni falla sostenida del sistema.
- **Tendencia real enmascarada:** hay una degradación genuina de la calidad del agua, pero el ruido del sensor y la variabilidad natural dificultan su detección.

1.4.3 3.3 Material entregado al estudiante

- Caso Técnico C3: contexto narrativo + dataset SCADA impreso (60 filas × 6 variables técnicas + estado de alarma) (n1).
- Ficha Pre-AI C3: formulario de análisis con secciones para tendencias, anomalías, calidad de datos, plan de monitoreo (n2).
- Guía Chatbot C3: instrucciones para interactuar con el chatbot (n3).

Condición de rastro inicial (minutos 5–15): Sin internet, sin IA, sin consulta entre pares. Se permite: caso impreso, ficha, apuntes propios declarados. El tachado no se borra. Es parte del rastro.

1.5 4. Instrucciones al estudiante para el rastro inicial

Entregadas en la Ficha Pre-AI C3 (n2):

Paso 1 — Visión general: ¿qué tendencias observas en los datos? ¿Hay variables que se mueven juntas? ¿Alguna se comporta distinto de lo esperado?

Paso 2 — Calidad de los datos: ¿confías en todos los sensores por igual? ¿Hay alguna lectura que te parezca sospechosa? ¿Por qué?

Paso 3 — Alarmas: ¿qué alarmas dispararías con estos datos? ¿Son todas reales o algunas podrían ser falsas?

Paso 4 — Hipótesis de monitoreo: formula al menos una hipótesis sobre lo que está ocurriendo. ¿Qué dato confirmaría y cuál descartaría tu hipótesis?

Paso 5 — Plan de acción: ¿qué harías con estos datos? ¿Detienes el sistema, ajustas parámetros, o esperas más datos?

Tiempo: 10 minutos. Trabajo individual.

1.6 5. Rol del chatbot en esta sesión

1.6.1 Distribución temporal del chatbot en Clase 3

Minutos	Estado del chatbot	Descripción
0–5	NO activo	Encuadre docente.
5–15	NO activo	Rastro en papel.
15–37	PLAN socrático de monitoreo	Presiona sobre calidad de datos: ¿confías en ese sensor? ¿cómo lo verificarías? ¿esa correlación implica causalidad? ¿qué pasaría si el sensor estuviera descalibrado? Ataca el sesgo de confirmación: ¿estás buscando lo que quieres encontrar?
37–40	Transición	Profesor activa BUILD desde Dashboard (DD_19) + intervención grupal.
40–72	BUILD	El chatbot genera un reporte de tendencias y alarmas con errores sutiles (DD_8): trata la correlación pH-temperatura como causal, usa el sensor de pH como fuente confiable sin cuestionar su calibración, declara una tendencia que es ruido estadístico. Defiende errores con argumentos plausibles (DD_27). El estudiante NO sabe que los errores son deliberados (DD_28).
72–80	Cierre	Chatbot pregunta Δ _intra (DD_30).

1.7 6. Secuencia docente — Guion de sesión

Duración total: 80 minutos (P4). Modelo de 6 fases (DD_24).

Tiempo	Fase	Acción del docente	Acción del estudiante
0–5 min	Fase 0 — En- cuadre + devo- lución	Devuelve rastro de C2. Contextualiza C3: “Hoy van a leer datos. Y los datos van a mentirles.”	Lee rastro C2. Recibe caso C3 con dataset impreso.
5–15 min	Fase 1 — Rastro en papel	Distribuye Ficha Pre-AI C3. Supervisa silenciosamente.	Analiza dataset SCADA en papel. Identifica tendencias, anomalías, calidad de datos. Sube foto (DD_38).
15–37 min	Fase 2 — PLAN socrático de moni- toreo	Observa vía dashboard. No interviene excepto problemas técnicos.	Presenta análisis al chatbot. El chatbot presiona sobre calidad de datos y sesgo de confirmación.
37–40 min	Fase 3 — Tran- sición	Activa BUILD (DD_19). “La IA va a generar un reporte con los mismos datos. Léanlo como ingenieros.”	Escucha instrucción.
40–72 min	Fase 4 — BUILD con errores sutiles	Observa quién detecta los errores sutiles y quién los acepta.	Lee reporte generado. Evalúa en formato libre en el chat (DD_25/DD_26). Chatbot defiende errores.
72–80 min	Fase 5 — Cierre + Δ _intra	Activa cierre en el chat (DD_30). Distribuye Ficha PostAI C3 (n4) como respaldo en papel. Recoge materiales.	Responde reflexión de cierre en el chat: qué cambió en su análisis. Completa Ficha PostAI C3 como respaldo. La evidencia oficial para Δ _intra queda en el chat.

1.8 7. Entregables del estudiante

Cinco entregables por estudiante:

- **Rastro inicial C3** (análisis de tendencias, calidad de datos, hipótesis) — foto subida a plataforma.
- **Registro de interacción PLAN** — logs PostgreSQL.

- **Evaluación crítica del reporte BUILD** — formato libre en el chat (DD_25/DD_26).
- **Reflexión Δ _intra en el chat** — evidencia oficial de qué cambió entre el rastro y el análisis final (DD_30).
- **Ficha PostAI C3** — respaldo metacognitivo en papel (n4).

1.8.1 Protocolo de custodia del rastro

El rastro se sube vía botón “Subir imagen” (DD_38): webhook n8n → AI Vision → JSON contextual → PostgreSQL + Drive. El chatbot PLAN usa este análisis para personalizar la presión socrática sobre la calidad de los datos. El documento papel original queda bajo custodia del profesor. 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

Evidencia	Qué revela para el paper	Cómo se registra	Dimensión de análisis
Análisis de tendencias (rastros)	¿Identifica patrones reales o se ancla a variaciones aleatorias?	Foto del rastro + Ficha Pre-AI	D1 — Complejidad causal
Calidad de datos evaluada	¿Cuestiona la confiabilidad de los sensores? ¿Detecta el offset del pH?	Ficha Pre-AI C3	D2 — Especificidad técnica, D3
Alarmas clasificadas	¿Distingue falsas alarmas de alarmas genuinas? ¿Con qué criterio?	Ficha Pre-AI C3	D2 — Especificidad técnica
Sesgo de confirmación	¿Busca datos que confirmen su hipótesis o busca datos que la contradigan?	Logs PLAN (PostgreSQL)	D3 — Consciencia epistémica
Detección de errores sutiles BUILD	¿Detecta que correlación \neq causalidad? ¿Cuestiona el sensor como fuente?	Chat (formato libre)	D1, D3
Aceptación pasiva (DD_29)	¿Acepta el reporte sin cuestionar la fuente de los datos?	Dashboard + logs	D3
Comparación Δ _intra	Desplazamiento entre análisis inicial y reflexión final tras contraste.	Chat de cierre + Ficha PostAI C3 como respaldo	D3, D4

1.10 9. Criterios de análisis para el investigador

Cód.	Dimensión	Descripción operacional	Aplica también en
D1	Complejidad causal	¿Identifica mecanismos causales o solo reporta correlaciones? ¿Distingue tendencia de ruido?	Clases 1, 2, 4, 5
D2	Especificidad técnica	¿Nombra sensores, rangos de calibración, unidades? ¿Cuestiona la precisión instrumental?	Clases 1, 2, 4, 5
D3	Consciencia epistémica	¿Reconoce los límites de los datos? ¿Identifica sesgos propios y del instrumento?	Clases 1, 2, 4, 5
D4	Decisión bajo incertidumbre	¿Decide con datos ruidosos o paraliza? ¿Nombra el riesgo de actuar vs. no actuar?	Clases 1, 2, 4, 5

1.11 10. Nota metodológica para el paper

La Clase 3 marca un punto de inflexión en el piloto: es la primera sesión donde los datos son el problema, no solo la herramienta. En C1 y C2, el estudiante tenía pocos datos y debía razonar con información limitada. En C3, tiene 60 filas de datos y debe razonar contra información excesiva y parcialmente corrupta.

El escalamiento de errores de obvio (C2) a sutil (C3) es deliberado. Los errores sutiles del BUILD C3 requieren que el estudiante haya internalizado la distinción síntoma/causa de C2 para poder detectar la distinción correlación/causalidad de C3. Sin esa base, los errores sutiles son invisibles.

El sesgo del sensor de pH (+0.15) es un dispositivo metodológico central: un estudiante que confía ciegamente en los datos llegará a conclusiones incorrectas con total confianza. Esta es exactamente la condición que la IA generativa reproduce cuando analiza datos sin cuestionar su fuente — y es la competencia que este piloto busca desarrollar.

La capacidad de detectar que “los datos mienten” es transferible: aplica a cualquier contexto profesional donde se toman decisiones basadas en datos instrumentales (industria, medicina, finanzas, investigación).

Nota operativa: Los alumnos recibieron vocabulario técnico el día anterior vía WhatsApp (DD_35). Las ausencias se registran como dato, no se excluyen ni recuperan (DD_36).

Protocolo Clase 3 v1.2 · Piloto IA-Socrático · Máquinas y Equipos Industriales

Facultad de Ingeniería — Departamento de Ingeniería Industrial

Profesor Ángel Royo - www.angelroyo.com