

1. Solicitud de Evaluación Ética — Proyecto de Investigación Docente

Para: Comité de Ética, Facultad de Ingeniería — Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Santiago de Chile (USACH)

De: Ángel Royo Melgarejo — Facultad de Ingeniería — Departamento de Ingeniería Industrial, USACH

Fecha: Mayo 2026

Versión: 1.4

***Cambios v1.3 → v1.4** (incorporación SFL — Ingrid Westhoff Podestá, 2026-05-31): - §3 Metodología: agregado párrafo “Marco de análisis del discurso” que describe la fundamentación en Lingüística Sistémico-Funcional (Halliday & Matthiessen, 2014) y la operacionalización de D1-D4 como recursos lingüísticos observables. Esto garantiza al comité que la codificación es replicable y no depende de juicios holísticos subjetivos. - §8 Documentos Adjuntos: actualizada referencia a Rúbrica Longitudinal v1.6 (con criterios SFL incorporados).*

***Cambios v1.1 → v1.2** (alineación con Premisas de Diseño v1.0, 2026-05-16): 1. Descripción de clases actualizada al paradigma PLAN + BUILD (DD_5, DD_7, P7). 2. Declaración explícita de engaño leve: errores deliberados en BUILD sin conocimiento del alumno (DD_28). 3. Tipos de datos ampliados: plataforma digital, AI Vision, feedback automático, encuesta. 4. Consentimiento actualizado: firma física pre-C1 + confirmación digital (DD_21, DD_37). 5. Confidencialidad ampliada: BD centralizada, AGENT_ANALISTA_SFL, roles de acceso.*

***Cambios v1.2 → v1.3** (auditoría contra Premisas de Diseño v1.0, 2026-05-19): 6. Declaración ética del comportamiento defensivo del chatbot BUILD (DD_27). 7. Mecanismo de pausa docente y mensaje al alumno (DD_33). 8. Onboarding pre-curso especificado vía WhatsApp/n8n (DD_21). 9. Mensaje pre-clase con vocabulario técnico (DD_35). 10. Acceso del alumno a su historial de clases anteriores (DD_34). 11. Ausencias como dato analizable (DD_36). 12. Sin límite de turnos en el chat (DD_31). 13. Tratamiento de datos del canal WhatsApp y protección del número telefónico. 14. Controles docentes: transición PLAN→BUILD y activación de reflexión de cierre (DD_19, DD_30).*

1.1 1. Identificación del Proyecto

Título del estudio: Deuda cognitiva en educación técnica: un protocolo de intervención con chatbot socrático para el rediseño del aprendizaje universitario en contexto de IA generativa.

Asignatura: Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales (14362-0-L-1).

Duración del piloto: 5 sesiones de laboratorio (80 minutos cada una, 08:15–09:35).

Investigador Responsable: Ángel Royo Melgarejo, Docente USACH, Facultad de Ingeniería.

Correo Institucional: angel.royo@usach.cl

1.2 2. Antecedentes y Justificación

La irrupción de la Inteligencia Artificial generativa ha generado un fenómeno documentado de “deuda cognitiva” en estudiantes de ingeniería, donde la dependencia temprana de estas herramientas sustituye el razonamiento técnico propio.

Esta investigación propone y evalúa un protocolo pedagógico (“Protocolo IA-Socrático”) diseñado para garantizar la supremacía del razonamiento humano. La regla fundamental es: *la IA nunca llega antes que el pensamiento propio*. Para ello, se exige a los estudiantes producir un “rastros inicial” en papel antes de interactuar con un chatbot socrático diseñado por el investigador principal.

1.3 3. Metodología y Procedimientos

El estudio tiene un diseño **cuasi-experimental de medidas repetidas (investigación-acción)**. La variable independiente (secuencia metodológica del protocolo) se manipula de forma controlada; el control es intra-sujeto (cada estudiante es su propio control, vía rastros inicial de Clase 1). La intervención se realizará durante el horario regular de laboratorio, mediada por una plataforma digital propia del investigador, y consta de 5 clases:

1. **Clase 1 — Línea base:** Diagnóstico inicial en papel + interacción con chatbot socrático básico (establece referencia individual).
2. **Clase 2 — Diagnóstico:** El alumno produce un diagnóstico técnico en papel, luego interactúa con chatbot socrático que presiona su razonamiento (Modelo A). En la segunda mitad, el chatbot genera un informe técnico basado en el trabajo del alumno, y el alumno lo evalúa críticamente (Modelo B).
3. **Clase 3 — Monitoreo SCADA:** Misma estructura A+B. El alumno interpreta datos de un sistema de monitoreo. El chatbot genera un reporte de análisis que el alumno debe revisar.
4. **Clase 4 — Control y automatización:** Misma estructura A+B. El chatbot es adversarial (cuestiona con mayor presión). Genera un protocolo de emergencia que el alumno evalúa.
5. **Clase 5 — Transferencia:** Caso industrial nuevo (torre de enfriamiento). El alumno tiene acceso al chatbot en modo neutro (responde sin presionar). Se mide si reproduce autónomamente la metodología aprendida. Incluye encuesta final de autopercepción.

Las sesiones 2 a 4 siguen una estructura de **6 fases en 80 minutos** (DD_24, P4): encuadre y feedback de la clase anterior (0-5 min), rastros en papel sin IA y subida de imagen (5-15 min), chatbot PLAN socrático/adversarial (15-37 min), transición controlada por el profesor (37-40 min), chatbot BUILD con evaluación crítica del estudiante (40-72 min), cierre y reflexión

(72-80 min). La Clase 1 funciona como línea base sin BUILD y la Clase 5 como transferencia con chatbot NEUTRO.

Marco de análisis del discurso: La codificación de las cuatro dimensiones de la rúbrica (D1-D4) se fundamenta en la **Lingüística Sistémico-Funcional** (Halliday & Matthiessen, 2014), que proporciona criterios lingüísticos observables y replicables. Cada dimensión se operacionaliza como recursos lingüísticos específicos: D1 (complejidad causal) se mide por presencia de nexos causales explícitos y nominalizaciones técnicas; D2 (especificidad técnica) por participantes con modificación numérica y unidades; D3 (consciencia epistémica) por operadores modales epistémicos y marcadores evidenciales; D4 (decisión bajo incertidumbre) por verbos de decisión en primera persona y cláusulas condicionales de riesgo. Esta operacionalización lingüística garantiza que la codificación sea replicable y no dependa de juicios holísticos subjetivos.

Controles docentes: El profesor controla la transición PLAN→BUILD desde la interfaz (DD_19); el alumno no puede activarla ni conoce el mecanismo. El profesor también activa la reflexión de cierre (DD_30) desde la interfaz. El docente puede **pausar todos los chats simultáneamente** si lo requiere la dinámica del aula (DD_33); los alumnos ven un mensaje genérico de espera. No hay límite de turnos en la interacción con el chatbot (DD_31); la cantidad de turnos es dato orgánico.

Preparación pre-clase: El día anterior a cada sesión, los alumnos reciben por WhatsApp un mensaje con el vocabulario técnico clave (DD_35), para nivelar el punto de partida.

Las actividades son parte integral del currículo de la asignatura y **se aplicarán a todos los estudiantes inscritos**. La participación en la investigación radica únicamente en autorizar el uso de los datos generados durante estas sesiones para análisis y publicación académica.

1.4 4. Tipos de Datos a Recolectar

Se recogerá evidencia cualitativa y cuantitativa para medir el “desplazamiento cognitivo”:

1. **Rastros iniciales físicos:** Diagnósticos y esquemas escritos a mano, digitalizados mediante fotografía en la plataforma (procesados por análisis de imagen para contextualizar la interacción posterior con el chatbot).
2. **Logs de interacción:** Transcripciones completas de las conversaciones entre el estudiante y el chatbot (almacenadas en base de datos centralizada PostgreSQL).
3. **Evaluaciones del Modelo B:** Texto libre producido por el alumno al evaluar los documentos generados por el chatbot.
4. **Observaciones del docente:** Pautas de observación cualitativa no invasiva sobre la dinámica del aula.
5. **Feedback automático:** Análisis generado por IA (sin revisión humana) sobre el proceso cognitivo del alumno, enviado por WhatsApp después de cada sesión.
6. **Encuesta final (Clase 5):** Cuestionario mixto (escala Likert + preguntas abiertas) sobre autopercepción de cambio en relación con la IA.

1.5 5. Riesgos y Beneficios

1.5.1 Riesgos

La investigación se clasifica como de **riesgo mínimo**. No somete a los estudiantes a ningún procedimiento experimental ajeno al proceso normal de enseñanza y evaluación formativa en la carrera.

Elemento de engaño leve (declaración obligatoria): En las Clases 2, 3 y 4, el documento generado por el chatbot en Modelo B contiene errores técnicos deliberados de complejidad creciente (obvios → sutiles → profesionales). El alumno NO es informado de la existencia de estos errores: se le presenta como “un informe basado en tu trabajo — revísalo antes de firmarlo.” Este diseño es esencial para medir si el estudiante verifica críticamente (criterio profesional) o acepta sin cuestionar (deuda cognitiva).

Justificación ética del engaño: - Es análogo a la práctica profesional real (ningún documento llega con aviso de errores). - No genera daño psicológico ni académico (no afecta calificaciones). - El debriefing se realizará al finalizar el piloto (post-Clase 5): se explica el mecanismo y su propósito investigativo. - Si un alumno acepta errores sin verificar, el chatbot emite una única pregunta reflexiva (“¿lo firmarías con tu nombre profesional?”) que no revela el error sino que invita a la reflexión.

Comportamiento defensivo del chatbot (DD_27): Cuando un alumno detecta un error en el documento BUILD y lo señala, el chatbot no confirma inmediatamente sino que **defiende su posición con contraargumentos técnicos**. Esto obliga al alumno a sostener su razonamiento con evidencia. El chatbot cede solo ante argumentación sólida. Este comportamiento es parte del diseño pedagógico (mide la calidad de la defensa del alumno) y no busca confundir sino fortalecer la argumentación técnica.

Mecanismo de pausa docente (DD_33): El profesor puede pausar todos los chats simultáneamente desde la interfaz si la dinámica del aula lo requiere (por ejemplo, para una intervención grupal o para gestionar un problema técnico). Durante la pausa, el alumno ve un mensaje genérico (“El docente ha solicitado una pausa. Espera indicaciones.”) y no puede enviar mensajes. La pausa es reversible y su uso queda registrado como dato de observación.

1.5.2 Beneficios

No hay compensación económica ni beneficios sobre las calificaciones. El beneficio es sistémico: aportar evidencia empírica sobre cómo enseñar con IA de forma éticamente responsable en la educación superior.

1.6 6. Confidencialidad y Protección de Datos

1.6.1 6.1 Identificación en la plataforma

Los estudiantes se identifican por nombre y correo institucional USACH para acceder a la plataforma del chatbot. Esta identificación es necesaria para: - Personalizar la interacción (el chatbot accede al historial del alumno) - Enviar feedback post-sesión - Permitir trazabilidad longitudinal (5 sesiones)

1.6.2 6.2 Protocolo de protección

1. **Codificación:** Cada estudiante recibirá un código alfanumérico único para el proceso de análisis investigativo.
2. **Separación de capas:** La plataforma operativa (con datos identificados) y la capa de investigación (con datos codificados) están separadas lógicamente. El investigador accede a ambas; los codificadores externos solo acceden a datos codificados.
3. **AGENT_SESION y AGENT_ANALISTA_SFL:** AGENT_SESION (sin revisión humana) genera feedback al alumno e informes al profesor, invocando a AGENT_ANALISTA_SFL como motor de codificación SFL. Estos sistemas NO almacenan datos fuera de la BD centralizada ni los transmiten a terceros.
4. **Custodia:** El investigador principal custodia el documento maestro (nombre ↔ código) bajo cifrado. Será destruido tras la publicación de resultados o almacenado por 5 años según normativa institucional.
5. **Uso en publicación:** Los extractos cualitativos (citas textuales de logs) no contendrán metadatos identificables. Se usarán códigos (E01, E02...).
6. **Modelo de lenguaje:** El LLM utilizado para el chatbot no retiene datos entre sesiones ni entrena con los datos de los alumnos (se usa vía API, sin fine-tuning).
7. **Acceso del alumno a su historial (DD_34):** El alumno puede consultar sus conversaciones de clases anteriores en la plataforma, en modo de solo lectura. Esto le permite revisar su trayectoria pero no modificarla.

1.6.3 6.3 Tratamiento de datos del canal WhatsApp

La plataforma utiliza WhatsApp como canal para: (a) onboarding pre-curso, (b) envío de vocabulario técnico pre-clase, (c) feedback automático post-sesión. El número de teléfono del alumno se obtiene durante el onboarding y se almacena exclusivamente en la BD del proyecto con acceso restringido al IP. Los mensajes son enviados automáticamente por el sistema (n8n) sin revisión humana. El alumno puede solicitar dejar de recibir mensajes por WhatsApp sin que esto afecte su participación en el estudio ni en las actividades de laboratorio.

1.7 7. Consentimiento para uso investigativo de registros

1. La firma del **Consentimiento Informado** (formato papel) se solicitará antes de la primera sesión, durante una actividad de **onboarding pre-curso vía WhatsApp** (DD_21). El alumno recibe el documento y un tutorial de la plataforma por este canal antes de Clase 1.
2. Una **confirmación digital** se requerirá en el primer acceso a la plataforma (con timestamp registrado en BD).
3. El consentimiento no se formula como autorización para asistir a clases ni para realizar actividades curriculares. La asistencia y el trabajo de laboratorio forman parte de la asignatura regular.
4. La autorización solicitada se refiere exclusivamente al **uso investigativo de los registros generados en clase**: rastros escritos, fotos del papel, logs de chatbot, evaluaciones en plataforma, observaciones docentes, feedback y encuesta final.
5. Los estudiantes pueden no autorizar este uso investigativo o retirar su autorización en cualquier momento sin necesidad de dar explicaciones.
6. Se garantiza de forma explícita que no autorizar o retirar la autorización **no tendrá ninguna consecuencia sobre las calificaciones de la asignatura**. Todos los alumnos ejecutarán el laboratorio; solo se aislarán del corpus de investigación los datos de quienes no autoricen su uso investigativo.
7. **Debriefing post-piloto**: Al finalizar la Clase 5, se informa a todos los alumnos sobre el mecanismo de errores deliberados en Modelo B y su propósito investigativo.
8. **Tratamiento de ausencias (DD_36)**: Las inasistencias se registran como dato investigativo, no como criterio de exclusión. Un alumno que falta a una sesión permanece en la muestra; la ausencia se analiza como hallazgo en una sección exploratoria.

1.8 8. Documentos Adjuntos para Revisión del Comité

Se adjuntan los siguientes instrumentos operativos de la investigación:

1. **doc_alum_ConsentimientoInformado_v1.5.md**: El documento que se entregará al estudiante.
2. **doc_inv_MarcoMetodologico_Paper_v1.6.md**: Justificación metodológica detallada del diseño de recolección empírica.
3. **doc_pro_Protocolo_Observacion_Docente_v1.4.md**: Pauta de la observación cualitativa no invasiva.
4. **doc_pro_Rubrica_Longitudinal_v1.7.md**: Herramienta de medición que codificará los datos recolectados respetando el anonimato. Incluye criterios lingüísticos observables fundamentados en Lingüística Sistémico-Funcional (Halliday & Matthiessen, 2014) para garantizar replicabilidad.
5. **doc_inv_Premisas_Disenio_v1.1.md**: Documento base de diseño con las 39 decisiones y 9 premisas del protocolo.

Firma:

Ángel Royo Melgarejo

Investigador Principal

Facultad de Ingeniería

Universidad de Santiago de Chile