

Diseñando Puentes Seguros: Análisis y Modelado con AASHTO LRFD

Ingeniería | Ingeniería civil | Aprendizaje Basado en Investigación

Descripción

Este plan de clase tiene como propósito que los estudiantes universitarios de Ingeniería Civil comprendan y apliquen los fundamentos del método AASHTO LRFD para el análisis y diseño preliminar de puentes. Los estudiantes aprenderán a identificar las cargas que actúan sobre un puente, modelar la carga vehicular estándar HL-93 y estimar sus efectos críticos en una viga simplemente apoyada. Este conocimiento es fundamental para garantizar la seguridad y funcionalidad de las infraestructuras viales, contribuyendo a la formación de profesionales capaces de diseñar puentes eficientes y confiables.

El enfoque metodológico es el Aprendizaje Basado en Investigación, lo que implica que los estudiantes investigarán, modelarán y analizarán datos reales utilizando fuentes primarias y herramientas de ingeniería, promoviendo un aprendizaje activo y crítico. La relevancia de este tema se refleja en la necesidad global de infraestructuras robustas y seguras, que impactan directamente en la calidad de vida y desarrollo económico de las comunidades.

Al finalizar, los estudiantes estarán preparados para aplicar conceptos normativos y técnicos en escenarios reales de diseño preliminar de puentes, vinculando teoría con práctica profesional.

Objetivos de Aprendizaje

- Aplicar los principios básicos del AASHTO LRFD para identificar y caracterizar las cargas que actúan sobre puentes.
- Modelar la carga vehicular HL-93 en una viga simplemente apoyada utilizando herramientas de análisis estructural.
- Estimar y analizar los efectos críticos de las cargas en elementos estructurales para el diseño preliminar de puentes.
- Interpretar los resultados del análisis de cargas y momentos para fundamentar decisiones en el diseño preliminar de puentes.

Recursos Necesarios

- Computadoras con software de análisis estructural (ejemplo: SAP2000, MIDAS Civil, o similar).
- Norma AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (versión más reciente) en formato digital o impreso.
- Calculadora científica o financiera.
- Proyector y pantalla para presentaciones.
- Hojas de cálculo preconfiguradas para modelado de carga HL-93.
- Material impreso: resumen de fórmulas básicas y tablas de cargas HL-93.
- Conexión a internet para consulta de bases de datos y fuentes primarias.

Requisitos Previos

- Conocimientos básicos de mecánica de materiales y estructuras.
- Familiaridad con conceptos de estática y análisis estructural.
- Experiencia previa en el uso de software básico de cálculo estructural o hojas de cálculo.
- Comprensión inicial de tipos de cargas y su aplicación en ingeniería civil.

Actividades

Sesión 1: Introducción y Primeros Pasos en el Análisis de Cargas

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 15 minutos

Propósito de la sesión:

Conectar los conocimientos previos de los estudiantes con el análisis de cargas en puentes y presentar los objetivos específicos de la sesión para que comprendan la importancia de aplicar AASHTO LRFD.

Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Inicia con la pregunta detonadora: "¿Qué tipos de cargas creen que actúan sobre un puente en la vida real y por qué es importante identificarlas correctamente?"
- **Estudiantes:** Responden en breve a la pregunta, compartiendo ejemplos y experiencias previas.

Motivación y enganche:

- **Docente:** Presenta un dato real: "El colapso del puente Tacoma Narrows en 1940 fue causado por una inadecuada consideración de las cargas dinámicas del viento. ¿Cómo creen que el buen análisis de cargas puede evitar desastres similares?"
- **Estudiantes:** Reflexionan y comentan brevemente sobre la importancia del análisis correcto.

Contextualización:

- **Docente:** Explica cómo el estudio de cargas y su modelado con AASHTO LRFD es vital para diseñar puentes seguros que soporten el tránsito vehicular diario, conectando con proyectos civiles y de infraestructura urbana actuales.
- **Estudiantes:** Escuchan y relacionan la información con su contexto académico y profesional.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 95 minutos

Presentación del contenido:

El docente introduce el concepto de cargas en puentes según AASHTO LRFD, destacando la clasificación de cargas permanentes, variables y especiales, y el modelo de carga vehicular HL-93.

Actividad 1: Investigación guiada sobre cargas AASHTO LRFD

- **Objetivo:** Aplicar principios básicos del AASHTO LRFD para identificar cargas en puentes.
- **Instrucciones:**
 - El docente divide a los estudiantes en grupos de 3-4.
 - Cada grupo recibe un extracto de la norma AASHTO LRFD que describe tipos de cargas.
 - Los estudiantes investigan y listan las cargas que afectan un puente, justificando su clasificación.
 - Preparan una breve presentación para compartir sus hallazgos.
- **Organización:** Grupos de 3-4 estudiantes.
- **Producto:** Listado de cargas con clasificación y breve presentación oral (5 minutos por grupo).
- **Tiempo estimado:** 40 minutos (30 minutos investigación + 10 minutos presentaciones).
- **Rol del docente:** Facilita recursos, orienta con preguntas guía ("¿Qué cargas son permanentes y por qué?"), supervisa el trabajo y promueve la discusión.

Actividad 2: Modelado de la carga vehicular HL-93 en una viga simplemente apoyada

- **Objetivo:** Modelar la carga vehicular HL-93 y estimar sus efectos en una viga.
- **Instrucciones:**
 - El docente explica brevemente el modelo HL-93 y su representación (carga distribuida + cargas concentradas).
 - Los estudiantes, en parejas, utilizan hojas de cálculo para simular la aplicación de la carga HL-93 en una viga simplemente apoyada de longitud dada.
 - Calculan las reacciones, momentos flectores máximos y cortantes críticos.
 - Registran resultados en una tabla para análisis posterior.
- **Organización:** Parejas.
- **Producto:** Tabla de resultados con cálculos de reacciones y momentos.
- **Tiempo estimado:** 40 minutos.
- **Rol del docente:** Supervisa, resuelve dudas, formula preguntas orientadoras ("¿Dónde se espera el momento máximo? ¿Por qué?") y verifica la correcta aplicación del modelo HL-93.

Actividad 3: Discusión guiada sobre interpretación de resultados

- **Objetivo:** Interpretar resultados de cargas y efectos para fundamentar el diseño preliminar.
- **Instrucciones:**

- En plenaria, el docente presenta ejemplos de resultados obtenidos y plantea preguntas para guiar la interpretación.
- Los estudiantes analizan y discuten el significado de los valores obtenidos, su impacto en el diseño y posibles consideraciones adicionales.

- **Organización:** Plenaria.

- **Producto:** Participación en discusión y anotaciones personales.

- **Tiempo estimado:** 15 minutos.

- **Rol del docente:** Modera la discusión, fomenta la reflexión crítica y conecta con los objetivos del diseño preliminar.

Diferenciación

- **Para estudiantes avanzados o que terminan antes:** Se les asigna la exploración de casos especiales de carga (como carga de viento o sísmica) en el contexto AASHTO LRFD para ampliar su análisis.
- **Para estudiantes que requieren apoyo adicional:** Se ofrece guía paso a paso en el modelado de la carga HL-93, ejemplos visuales y apoyo individual o en pequeños grupos.

Transición

Al concluir la discusión, el docente enfatiza que en la siguiente sesión se profundizarán los efectos críticos en diferentes elementos estructurales y se aplicarán los resultados para definir parámetros de diseño preliminar, invitando a los estudiantes a reflexionar sobre cómo los cálculos afectan decisiones de ingeniería.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 10 minutos

Síntesis:

- **Docente:** Propone un organizador gráfico colectivo en la pizarra donde se resumen tipos de cargas, modelo HL-93 y principales resultados de la sesión.
- **Estudiantes:** Participan completando el organizador y anotando puntos clave.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Cuáles son las cargas más críticas que deben considerarse en un puente según AASHTO LRFD?
- ¿Cómo influye la carga HL-93 en el análisis preliminar de un puente?
- ¿Qué dificultades encontré al modelar estas cargas y cómo las resolví?

Retroalimentación:

El docente proporciona comentarios inmediatos sobre las presentaciones y cálculos, destacando aciertos y señalando áreas de mejora con recomendaciones específicas.

Transferencia:

Se conecta lo aprendido con la siguiente sesión que abordará la aplicación práctica de estos análisis en el diseño preliminar de vigas y otros elementos estructurales.

Tarea o reto:

Investigar casos reales de fallas en puentes relacionadas con cargas mal consideradas y preparar un breve informe para compartir en la próxima clase.

Sesión 2: Análisis Crítico y Diseño Preliminar Basado en Cargas AASHTO LRFD

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 10 minutos

Propósito de la sesión:

Revisar la tarea asignada y conectar con la aplicación práctica del análisis de cargas para avanzar en el diseño preliminar de elementos estructurales de puentes.

Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Solicita a algunos estudiantes compartir brevemente sus informes sobre fallas por cargas y plantea la pregunta: "¿Qué lecciones podemos aplicar en nuestro análisis y diseño?"
- **Estudiantes:** Participan con aportes y escuchan comentarios.

Motivación y enganche:

- **Docente:** Muestra imágenes y datos de un proyecto real de puente en construcción, destacando la importancia del diseño preliminar correcto para evitar sobrecostos y riesgos estructurales.
- **Estudiantes:** Analizan y relacionan con su aprendizaje.

Contextualización:

- **Docente:** Explica que el diseño preliminar es la etapa clave para definir dimensiones y materiales, basado en el análisis de cargas y efectos críticos.
- **Estudiantes:** Escuchan y se preparan para aplicar lo aprendido.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 95 minutos

Presentación del contenido:

El docente introduce fórmulas y criterios para estimar esfuerzos y dimensionar vigas simplemente apoyadas usando resultados de cargas y momentos obtenidos con HL-93.

Actividad 1: Cálculo y diseño preliminar de una viga

- **Objetivo:** Estimar esfuerzos y definir dimensiones preliminares para una viga bajo carga HL-93.
- **Instrucciones:**
 - En parejas, los estudiantes utilizan los momentos máximos calculados previamente para determinar el esfuerzo máximo en la fibra extrema de una viga de sección rectangular.
 - Calculan el momento resistente requerido y dimensionan preliminarmente la viga (ancho y altura), considerando materiales típicos (concreto o acero).
 - Registran todos los cálculos y justifican las decisiones.
- **Organización:** Parejas.
- **Producto:** Informe corto con cálculos y dimensiones preliminares.
- **Tiempo estimado:** 50 minutos.
- **Rol del docente:** Supervisa, formula preguntas guía ("¿Qué factores de seguridad aplican?"), apoya en dudas y valida resultados.

Actividad 2: Evaluación crítica y ajuste del diseño

- **Objetivo:** Interpretar resultados para ajustar y optimizar el diseño preliminar.
- **Instrucciones:**
 - Los estudiantes analizan si las dimensiones propuestas son adecuadas considerando restricciones normativas y económicas.
 - Discuten en grupos la posibilidad de modificar el diseño para mejorar eficiencia o seguridad.
 - Presentan conclusiones y recomendaciones al grupo completo.
- **Organización:** Grupos de 3-4 estudiantes.
- **Producto:** Presentación breve (5 minutos) con recomendaciones.
- **Tiempo estimado:** 35 minutos.
- **Rol del docente:** Modera la discusión, fomenta el pensamiento crítico y sintetiza aprendizajes.

Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Se les invita a explorar el impacto de combinaciones de cargas según AASHTO LRFD y a realizar una comparación con diseños basados en cargas tradicionales.
- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo personalizado en cálculos y ejemplos adicionales de dimensionamiento.

Transición

El docente concluye que el diseño preliminar es un proceso iterativo que debe fundamentarse en análisis rigurosos de cargas, invitando a aplicar estos conocimientos en proyectos futuros y en etapas posteriores del diseño estructural.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 15 minutos

Síntesis:

- **Docente:** Solicita a cada estudiante escribir tres ideas clave aprendidas sobre AASHTO LRFD, modelado HL-93 y diseño preliminar.
- **Estudiantes:** Elaboran su síntesis individual y comparten algunas ideas en plenaria.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Cómo me ayudó el análisis de cargas a definir el diseño preliminar de la viga?
- ¿Qué aspectos de AASHTO LRFD encuentro más valiosos para mi formación profesional?
- ¿Qué retos enfrenté al interpretar y aplicar los resultados obtenidos?

Retroalimentación:

El docente ofrece retroalimentación final, resaltando avances, clarificando dudas comunes y motivando a continuar el aprendizaje autónomo.

Transferencia:

Se invita a los estudiantes a aplicar el método aprendido en proyectos reales y en asignaturas posteriores, enfatizando la importancia de la norma AASHTO LRFD en la ingeniería civil moderna.

Tarea o reto:

Realizar un esquema de diseño preliminar para un puente pequeño, incorporando cargas HL-93 y justificando las decisiones tomadas, para presentar en la siguiente semana.

Evaluación

Tipo de evaluación: La evaluación es formativa durante el desarrollo (observación, retroalimentación en actividades grupales e individuales) y sumativa al cierre de la segunda sesión mediante la síntesis y presentación de diseño preliminar.

Criterios de evaluación:

- Identifica correctamente las cargas actuantes en un puente según AASHTO LRFD.
- Modela con precisión la carga vehicular HL-93 en un sistema estructural simple.
- Calcula y estima los efectos críticos de la carga en una viga simplemente apoyada.
- Interpreta los resultados para fundamentar un diseño preliminar coherente y justificado.

Instrumentos sugeridos:

- Lista de cotejo para evaluar participación y presentación grupal.
- Rúbrica para valorar cálculos y justificación del diseño preliminar.
- Observación directa y preguntas orientadoras durante actividades.

- Autoevaluación mediante reflexión escrita al cierre.

Evidencias de aprendizaje:

- Listados y presentaciones sobre cargas AASHTO LRFD.
- Tablas y cálculos de modelado HL-93 en vigas.
- Informe de diseño preliminar con cálculos y dimensiones.
- Resúmenes y reflexiones escritas de cierre.

Enriquecimientos

Inicio - Contextualizar

Contextualización para la fase de inicio

Imagina que cada vez que cruzas un puente en tu ciudad o en cualquier viaje que hagas, estás confiando en que ese puente fue diseñado para soportar no solo el peso de los vehículos que pasan, sino también las fuerzas del viento, la lluvia, y otros factores ambientales. Los puentes son estructuras críticas que conectan comunidades, facilitan el transporte de bienes y personas, y contribuyen al desarrollo económico y social. Sin embargo, diseñar un puente seguro y eficiente no es tarea sencilla; requiere un análisis riguroso de las cargas que actúan sobre él y un modelado preciso para garantizar su resistencia y durabilidad.

Actualmente, en muchas partes del mundo, incluyendo nuestra región, se están construyendo y rehabilitando puentes para mejorar la infraestructura vial. Por ejemplo, estudios recientes muestran que más del 30% de los puentes en zonas urbanas requieren mantenimiento o rediseño debido al incremento en el tráfico vehicular y al envejecimiento estructural. Esto nos invita a reflexionar sobre cómo los ingenieros civiles aplican normas internacionales, como la AASHTO LRFD, para enfrentar estos desafíos.

Durante estas dos sesiones, te convertirás en un investigador y diseñador de puentes, utilizando herramientas y principios que te permitirán identificar las cargas más importantes que afectan a un puente, modelar una de las cargas vehiculares estándar (HL-93) y analizar sus efectos en una viga simplemente apoyada. Esta experiencia te preparará no solo para entender la teoría, sino para aplicarla en situaciones reales, potencialmente contribuyendo a la seguridad y bienestar de la sociedad.

Sé que diseñar puentes puede parecer complejo y desafiante, pero recuerda que cada cálculo y cada modelo que realices tiene un impacto directo en la seguridad de miles de personas. Aprovecha esta oportunidad para desarrollar habilidades técnicas, pensamiento crítico y un compromiso ético con la ingeniería civil. ¡Comencemos este viaje hacia el diseño de puentes seguros y eficientes!

Desarrollo - Ejemplos

Ejemplos Prácticos y Casos de Estudio para "Diseñando Puentes Seguros: Análisis y Modelado con AASHTO LRFD"

Estos ejemplos y casos de estudio están diseñados para ser desarrollados en dos sesiones de 2 horas cada una, utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Investigación (ABI). Cada actividad está orientada a que los estudiantes investiguen, modelen y analicen cargas vehiculares HL-93 y sus efectos en elementos estructurales, fomentando la comprensión profunda y aplicación práctica de los principios AASHTO LRFD.

Sesión 1: Identificación y Modelado de Cargas según AASHTO LRFD

• Ejemplo Práctico 1: Análisis de Cargas Vehiculares en un Puente Simple

- *Contexto:* Se presenta a los estudiantes un puente vial de un solo vano, simplemente apoyado, con una luz de 20 metros.
- *Actividad de Investigación:* Los estudiantes investigan y documentan las diferentes cargas que actúan en el puente según AASHTO LRFD, incluyendo cargas muertas, cargas vivas vehiculares (HL-93), cargas ambientales y otras cargas relevantes.
- *Aplicación Práctica:* Se les solicita modelar la carga HL-93 en el vano, identificando la disposición de ejes, cargas concentradas y distribuidas, y su magnitud.
- *Producto:* Reporte breve con identificación de cargas y esquema de modelado de carga HL-93 sobre la viga simplemente apoyada.

• Caso de Estudio 1: Comparación de Efectos de Carga en una Viga Simplemente Apoyada

- *Contexto:* Se entregan datos de una viga de acero laminado con sección W310x60 y luz de 20 m.
- *Actividad ABI:* En grupos, los estudiantes recopilan información para calcular los efectos de momento flector y cortante máximo generados por la carga HL-93 modelada en la viga.
- *Discusión:* Comparan resultados teóricos con manuales de diseño o software sencillo para validar sus cálculos.
- *Resultado esperado:* Tabla con valores de momentos y cortantes máximos, análisis crítico de las diferencias y explicación del comportamiento estructural.

Sesión 2: Interpretación de Resultados y Diseño Preliminar

• Ejemplo Práctico 2: Diseño Preliminar de una Viga Bajo Carga HL-93

- *Contexto:* Continuando con la viga del caso anterior, los estudiantes aplican los resultados de cargas para proponer un diseño preliminar, considerando los factores de carga y resistencia según AASHTO LRFD.
- *Actividad ABI:* Los estudiantes investigan las especificaciones mínimas para la sección y materiales, calculan factores de carga combinados y diseñan la sección para resistir los efectos críticos.
- *Producto:* Informe con cálculos de diseño preliminar y justificación técnica.

• Caso de Estudio 2: Evaluación de Seguridad y Recomendaciones de Mejoras

- *Contexto:* Se presenta un puente en servicio con datos estructurales y cargas actuales.
- *Actividad ABI:* Los estudiantes analizan si la viga principal cumple con los requisitos de capacidad bajo la carga HL-93 actualizada.

- *Investigación Complementaria:* Proponen mejoras basadas en su análisis para optimizar la seguridad y la eficiencia estructural.
- *Resultado:* Presentación grupal con diagnóstico, recomendaciones y justificación basada en la normativa AASHTO LRFD.

Notas para el Docente

- Fomentar que los estudiantes usen recursos oficiales de AASHTO LRFD, software básico de análisis estructural y materiales bibliográficos confiables.
- Guiar la indagación con preguntas que promuevan la reflexión sobre la importancia de cada tipo de carga y su impacto en el diseño.
- Promover la colaboración en grupos para potenciar el intercambio de ideas y la resolución conjunta de problemas reales.
- Proporcionar retroalimentación continua para afinar la precisión de los cálculos y la interpretación de resultados.

Cierre - Reflexionar

Preguntas de Reflexión Metacognitiva para el Cierre

- ¿Cómo relacionarías los principios básicos de AASHTO LRFD con los resultados obtenidos en el modelado de la carga HL-93 en la viga simplemente apoyada?
- ¿Qué aspectos del análisis de cargas en puentes te parecieron más complejos y cómo abordaste esas dificultades durante las actividades?
- ¿De qué manera la interpretación de los efectos críticos en la viga influye en la toma de decisiones para el diseño preliminar del puente?
- ¿Puedes identificar alguna limitación del modelo utilizado y cómo crees que podría afectar el diseño real de un puente?
- ¿Cómo aplicarías lo aprendido en estas sesiones para resolver un problema de diseño de puente que presente condiciones diferentes a las estudiadas?

Actividades de Reflexión Metacognitiva para el Cierre

- **Diario de Aprendizaje:** Cada estudiante redactará un breve texto (200-300 palabras) donde describa qué conceptos clave comprendió sobre AASHTO LRFD, qué desafíos encontró al modelar la carga HL-93 y cómo piensa aplicar estos conocimientos en futuras situaciones de diseño de puentes.
- **Discusión en Parejas:** Los estudiantes compartirán entre parejas sus respuestas a las preguntas de reflexión, identificando coincidencias y diferencias en sus procesos de comprensión y estrategias para resolver problemas.
- **Mapa Conceptual Individual:** Construcción rápida de un mapa conceptual donde integren los elementos principales aprendidos: cargas en puentes, modelado HL-93, efectos críticos en vigas y diseño preliminar, resaltando las conexiones entre ellos.

- **Autoevaluación Guiada:** Se entregará una lista de criterios relacionados con los objetivos de aprendizaje para que los estudiantes evalúen su propio desempeño y nivel de comprensión, identificando áreas fuertes y aspectos a mejorar.
- **Plenario de Reflexión:** En conjunto, el grupo discutirá cómo el aprendizaje basado en investigación les ayudó a entender mejor el análisis y diseño preliminar, y qué estrategias usarán para seguir profundizando en el tema.

Desarrollo - Gamificar

Elementos de Gamificación para la Fase de Desarrollo

Para motivar a los estudiantes universitarios durante las dos sesiones (4 horas totales) del plan "Diseñando Puentes Seguros: Análisis y Modelado con AASHTO LRFD", se proponen mecánicas de juego que refuercen el aprendizaje basado en investigación, promoviendo la aplicación práctica y el trabajo colaborativo, sin distraer del contenido técnico.

- **1. Desafío por Equipos: "Ingenieros de Puentes"**
 - Dividir a los estudiantes en equipos de 3-4 integrantes.
 - Cada equipo recibe un caso de puente simple para analizar y diseñar preliminarmente usando AASHTO LRFD y la carga HL-93.
 - Los equipos deben identificar las cargas, modelar la carga vehicular y calcular efectos críticos (momentos y cortantes) en una viga simplemente apoyada.
 - Durante la sesión, los equipos ganan puntos por:
 - Precisión en los cálculos y aplicación correcta de normas (máximo 40 puntos).
 - Justificación clara de las decisiones de diseño (máximo 20 puntos).
 - Colaboración y uso efectivo de recursos (máximo 10 puntos).
 - Presentación breve y convincente del análisis (máximo 10 puntos).
 - Se otorgan insignias digitales o físicas (por ejemplo, "Analista Experto", "Modelador Preciso") que pueden sumar a un marcador general de desempeño.
 - Al final de la segunda sesión, el equipo con mayor puntaje recibe un reconocimiento simbólico y un análisis de su solución destacada para compartir con la clase.
- **2. Minijuego Interactivo: "Simulador de Cargas HL-93"**
 - Se propone el uso de un software o herramienta web sencilla programada para simular la aplicación de la carga HL-93 en vigas simplemente apoyadas.
 - Los estudiantes deben ajustar parámetros de la carga (por ejemplo, posición del camión, tipos de carga muerta y viva) para maximizar o minimizar efectos críticos.
 - El minijuego incluye niveles con retos progresivos basados en la complejidad de la carga y la geometría del puente.

- Los estudiantes compiten para obtener el mejor diseño preliminar en tiempo limitado (10-15 minutos por ronda), fomentando rapidez y precisión.
- Se promueve la reflexión posterior para interpretar los resultados y vincularlos con los principios de AASHTO LRFD.

- **3. Reto de Preguntas Rápidas: "Quiz Relámpago"**

- Durante las sesiones, se realizan rondas breves de preguntas rápidas sobre conceptos clave (cargas, factores de carga, interpretación de resultados).
- Cada respuesta correcta suma puntos para el equipo o para el estudiante individual.
- Las preguntas fomentan la discusión y la profundización inmediata, reforzando la memoria y comprensión.
- Se incluyen preguntas de aplicación práctica para conectar teoría y cálculo.

- **4. Diario de Investigación Gamificado**

- Cada estudiante mantiene un registro de su proceso de investigación y análisis con formato estructurado.
- Se otorgan puntos por:
 - Identificación clara de problemas y cargas (5 puntos por entrada).
 - Modelado y cálculos detallados (5 puntos por entrada).
 - Reflexión crítica sobre resultados y decisiones (10 puntos por entrada).
- El docente revisa y retroalimenta el diario, incentivando la mejora continua y la autoevaluación.

Estas mecánicas integran colaboración, competencia sana, aplicación práctica y reflexión crítica, alineadas con los objetivos de aprendizaje y el enfoque de Aprendizaje Basado en Investigación, manteniendo el foco en el contenido técnico durante las dos sesiones.