

# Innovando en el Cielo: Proyecto Integral de Diseño de Aeronaves para Ingeniería Mecatrónica

Ingeniería | Ingeniería mecatrónica | Aprendizaje Basado en Proyectos

## Descripción

Este plan de clase está diseñado para estudiantes universitarios de Ingeniería Mecatrónica, enfocado en el apasionante campo del diseño de aeronaves. A través de una metodología activa basada en Aprendizaje Basado en Proyectos, los estudiantes aplicarán conceptos teóricos y prácticos para diseñar una aeronave funcional o un prototipo que responda a necesidades reales de la industria aeroespacial. El propósito es que los estudiantes desarrollen competencias técnicas, trabajo colaborativo y pensamiento crítico al enfrentarse a desafíos auténticos del diseño aeronáutico. La relevancia de este plan radica en la integración de conocimientos multidisciplinarios propios de la mecatrónica, como la dinámica, materiales, sistemas de control y aerodinámica, en un contexto de innovación tecnológica. Además, el proyecto conecta con la realidad profesional futura de los estudiantes y con demandas actuales del sector aeroespacial, fomentando su motivación y preparación para el mundo laboral. Este enfoque promueve un aprendizaje significativo y duradero, al involucrar a los estudiantes en la creación de un producto tangible que refleja sus habilidades y creatividad.

## Objetivos de Aprendizaje

- Aplicar principios de aerodinámica y mecánica en el diseño conceptual y detallado de una aeronave.
- Diseñar y modelar sistemas mecatrónicos integrados para el control y operación de la aeronave.
- Colaborar eficazmente en equipos multidisciplinarios para resolver problemas complejos de diseño.
- Evaluar y optimizar prototipos mediante pruebas y simulaciones para asegurar funcionalidad y seguridad.
- Comunicar técnica y profesionalmente los resultados y procesos del proyecto de diseño.

## Recursos Necesarios

- Salón equipado con computadoras (1 por cada 2 estudiantes) con software CAD (SolidWorks, CATIA o similar).
- Software de simulación aerodinámica (ANSYS Fluent, XFLR5 o equivalente).
- Materiales para prototipos físicos: cartón, madera balsa, plásticos, pegamentos, herramientas de corte y ensamblaje.
- Acceso a internet para investigación y recursos digitales.
- Material impreso con guías de diseño aeronáutico y normas básicas de seguridad.
- Pizarras o pantallas para presentaciones y trabajo colaborativo.
- Equipos audiovisuales para presentaciones y videos explicativos.

- Plantillas o formatos para reportes técnicos y bitácoras de proyecto.

## Requisitos Previos

- Conocimientos previos en física básica, especialmente mecánica y termodinámica.
- Fundamentos de sistemas de control y electrónica básica.
- Experiencia básica en diseño asistido por computadora (CAD).
- Habilidades en trabajo colaborativo y comunicación técnica.
- Comprensión básica de principios de aerodinámica y dinámica de fluidos.

## Actividades

### Sesión 1: Introducción y Planteamiento del Proyecto de Diseño Aeronáutico

#### Fase de Inicio

##### Tiempo estimado:

15 minutos

##### Propósito de la sesión:

**Docente:** Explica que se iniciará un proyecto integral de diseño de aeronaves, enfatizando la aplicación práctica de conocimientos y el trabajo colaborativo. Destaca la importancia del diseño aeronáutico en la ingeniería mecatrónica.

**Estudiantes:** Escuchan y reflexionan acerca de la importancia del diseño aeronáutico en su formación profesional.

##### Activación de conocimientos previos:

**Docente:** Presenta un caso real corto: "El diseño y fallas del Boeing 737 MAX". Pregunta: *¿Qué factores de diseño creen que influyeron en los problemas de esta aeronave y cómo la ingeniería puede prevenirlos?*

**Estudiantes:** Discuten en parejas durante 7 minutos y comparten ideas en plenaria.

##### Motivación y enganche:

**Docente:** Muestra un video impactante de vuelos innovadores y avances tecnológicos en aeronáutica (5 minutos). Propone el reto: diseñar una aeronave que integre sistemas mecatrónicos para mejorar eficiencia y seguridad.

**Estudiantes:** Se motivan con el video y el reto planteado.

##### Contextualización:

**Docente:** Conecta el proyecto con aplicaciones reales en la industria aeroespacial, drones y vehículos no tripulados, explicando cómo el diseño afecta la vida cotidiana y el futuro profesional.

**Estudiantes:** Reflexionan sobre la relevancia del proyecto para sus metas profesionales.

## Fase de Desarrollo

### Tiempo estimado:

90 minutos

### Presentación del contenido:

**Docente:** Introduce brevemente los conceptos clave de aerodinámica, sistemas mecatrónicos y diseño CAD mediante preguntas dirigidas y discusión guiada (15 minutos).

### Actividad 1: Análisis de requisitos y lluvia de ideas

- **Objetivo:** Definir las características y funciones que debe tener la aeronave.
- **Instrucciones:**
  - **Docente:** Divide a los estudiantes en grupos de 4 y presenta una plantilla para identificar requisitos funcionales y técnicos.
  - Los grupos discuten y anotan ideas sobre: tipo de aeronave, propósito, sistemas mecatrónicos necesarios, limitaciones y criterios de éxito.
  - Luego, cada grupo comparte sus ideas en plenaria para consolidar los requisitos generales.
- **Organización:** Grupos de 4, seguido de plenaria.
- **Producto:** Lista preliminar de requisitos y objetivos del diseño.
- **Tiempo:** 40 minutos.
- **Rol docente:** Facilita, formula preguntas guía: "¿Qué sistemas mecatrónicos son esenciales para seguridad?", "¿Cómo influye el propósito en el diseño estructural?"

### Actividad 2: Boceto conceptual y selección de materiales

- **Objetivo:** Visualizar la aeronave y decidir materiales para prototipo.
- **Instrucciones:**
  - Los grupos realizan bocetos a mano y discuten materiales para las partes principales considerando peso, resistencia y costo.
  - Se realiza una breve presentación de cada grupo para recibir retroalimentación del docente y compañeros.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Bocetos y listado justificado de materiales.
- **Tiempo:** 50 minutos.
- **Rol docente:** Observa, sugiere mejoras, plantea preguntas: "¿Cómo afecta el peso al rendimiento?", "¿Qué ventajas ofrecen estos materiales?"

### Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Investigan y proponen materiales alternativos innovadores o tecnologías emergentes.

- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo con ejemplos visuales y plantillas guía para facilitar el proceso de selección.

## Transición

**Docente:** Resume la importancia de definir requisitos claros y materiales adecuados para el diseño detallado, anticipando la siguiente sesión donde comenzarán el modelado CAD.

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado:

15 minutos

### Síntesis:

**Docente:** Solicita que cada grupo cree un mapa mental colectivo en pizarras digitales o físicas sobre los principales conceptos y decisiones tomadas.

### Reflexión metacognitiva:

- ¿Cómo influyen los requisitos en el diseño final de una aeronave?
- ¿Qué retos anticipas en la siguiente etapa del modelado CAD?
- ¿Qué habilidades crees que debes fortalecer para contribuir mejor a tu equipo?

### Retroalimentación:

**Docente:** Proporciona comentarios inmediatos sobre participación, claridad en definición de requisitos y selección de materiales.

### Transferencia:

**Docente:** Explica que en la próxima sesión aplicarán software CAD para materializar las ideas y que esta habilidad es fundamental en la industria.

### Tarea o reto:

Investigar ejemplos de diseños innovadores de aeronaves y preparar una breve presentación para compartir en la siguiente sesión.

## Sesión 2: Modelado CAD y Simulación Aerodinámica Inicial

### Fase de Inicio

### Tiempo estimado:

10 minutos

## **Propósito de la sesión:**

**Docente:** Recuerda el proyecto y objetivos; explica que hoy aplicarán herramientas digitales para modelar y simular la aeronave, fundamentales para validar diseños.

## **Activación de conocimientos previos:**

**Docente:** Pregunta: *¿Qué características debe tener un modelo CAD para que sea útil en simulaciones aerodinámicas?*

**Estudiantes:** Responden en plenaria y comparten sus ideas, conectando con la sesión anterior.

## **Motivación y enganche:**

**Docente:** Muestra un ejemplo corto de simulación aerodinámica real con visualizaciones llamativas.

## **Contextualización:**

**Docente:** Relaciona la importancia de la simulación en la reducción de costos y riesgos en la industria aeroespacial.

## **Fase de Desarrollo**

### **Tiempo estimado:**

100 minutos

### **Presentación del contenido:**

**Docente:** Introduce brevemente herramientas CAD y pasos generales para modelar partes aeronáuticas con enfoque en precisión y funcionalidad.

### **Actividad 1: Modelado CAD en grupos**

- **Objetivo:** Crear el modelo digital inicial de la aeronave.
- **Instrucciones:**
  - Los grupos trabajan en estaciones con computadoras para diseñar las partes principales según los requisitos definidos.
  - Se enfatiza la documentación de dimensiones y características técnicas.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Archivos CAD con el modelo inicial.
- **Tiempo:** 70 minutos.
- **Rol docente:** Observa avances, apoya con técnicas de modelado, plantea preguntas: "¿Cómo garantizan que las dimensiones sean correctas?", "¿Qué sistemas integrarán en el modelo?"

### **Actividad 2: Simulación básica aerodinámica**

- **Objetivo:** Realizar simulaciones preliminares para identificar áreas críticas.
- **Instrucciones:**

- Docente guía la exportación del modelo a software de simulación y configura parámetros básicos.
- Los grupos analizan resultados e identifican posibles mejoras.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Reporte breve con resultados y observaciones.
- **Tiempo:** 30 minutos.
- **Rol docente:** Facilita la interpretación de resultados, formula preguntas: "¿Qué zonas presentan mayor resistencia?", "¿Cómo podrían optimizar el diseño?"

## Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Experimentan con parámetros de simulación más complejos.
- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo individual para manejar software y comprender resultados.

## Transición

**Docente:** Conecta la simulación con la siguiente sesión de ajustes y optimización del diseño.

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado:

10 minutos

### Síntesis:

**Docente:** Solicita que cada grupo comparta un aprendizaje clave sobre modelado y simulación.

### Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué dificultades encontraste en el modelado CAD y cómo las superaste?
- ¿Cómo la simulación afecta el proceso de diseño?
- ¿Qué mejoras propondrías para el próximo modelo?

### Retroalimentación:

**Docente:** Proporciona comentarios puntuales y sugerencias para mejorar el modelado y análisis aerodinámico.

### Transferencia:

**Docente:** Explica que en la próxima sesión se trabajará en la integración de sistemas mecatrónicos y pruebas funcionales.

### Tarea o reto:

Preparar un resumen del diseño CAD y simulación para presentar al inicio de la siguiente sesión.

## Sesión 3: Integración de Sistemas Mecatrónicos y Diseño Funcional

### Fase de Inicio

#### Tiempo estimado:

10 minutos

#### Propósito de la sesión:

**Docente:** Revisa presentaciones breves de resumen CAD y simulaciones. Explica que se integrarán sistemas de control, sensores y actuadores al diseño.

#### Activación de conocimientos previos:

**Docente:** Pregunta: *¿Qué sistemas mecatrónicos son esenciales para la operación segura y eficiente de una aeronave?*

**Estudiantes:** Discuten en grupos pequeños y comparten ideas.

#### Motivación y enganche:

**Docente:** Presenta un video demostrativo de sistemas de control en drones y aeronaves no tripuladas.

#### Contextualización:

**Docente:** Relaciona la importancia de la integración mecatrónica para lograr funcionalidades avanzadas y seguridad.

### Fase de Desarrollo

#### Tiempo estimado:

100 minutos

#### Presentación del contenido:

**Docente:** Expone brevemente (mediante preguntas y ejemplos) los sistemas de control, sensores y actuadores aplicados en aeronaves.

#### Actividad 1: Diseño y selección de sistemas mecatrónicos

- **Objetivo:** Definir y diseñar sistemas de control y sensores para la aeronave.
- **Instrucciones:**
  - Grupos identifican qué sistemas necesitan integrar (control de vuelo, navegación, estabilización).
  - Diseñan diagramas de bloques y seleccionan componentes electrónicos y mecánicos.
  - Documentan las decisiones técnicas y su justificación.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Diagramas y listado de componentes con funciones.
- **Tiempo:** 60 minutos.

- **Rol docente:** Ayuda con preguntas: "¿Cómo garantizan la redundancia en sistemas críticos?", "¿Qué sensores consideran indispensables y por qué?"

## Actividad 2: Simulación funcional y pruebas virtuales

- **Objetivo:** Simular el funcionamiento integrado de los sistemas mecatrónicos en el modelo.
- **Instrucciones:**
  - Utilizan software de simulación para validar la interacción entre sistemas.
  - Analizan resultados y proponen ajustes.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Informe con resultados y recomendaciones.
- **Tiempo:** 40 minutos.
- **Rol docente:** Orienta en el uso del software y fomenta la reflexión crítica sobre los resultados.

## Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Exploran algoritmos de control avanzados y programación básica.
- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo con ejemplos prácticos y recursos visuales explicativos.

## Transición

**Docente:** Vincula la integración mecatrónica con la siguiente sesión de construcción y pruebas físicas de prototipos.

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado:

10 minutos

### Síntesis:

**Docente:** Solicita que cada grupo resuma en 3 puntos clave la integración mecatrónica y su impacto en el diseño.

### Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué aprendiste sobre la importancia de los sistemas mecatrónicos en aeronaves?
- ¿Qué desafíos encontraste en la integración y cómo los resolviste?
- ¿Cómo mejorarías el diseño en base a las simulaciones?

### Retroalimentación:

**Docente:** Ofrece comentarios constructivos y destaca buenas prácticas observadas.

### Transferencia:

**Docente:** Explica que en la próxima sesión se avanzará a la construcción física y pruebas iniciales.

### Tarea o reto:

Investigar casos de fallas por integración deficiente de sistemas mecatrónicos en aeronaves para discusión.

## Sesión 4: Construcción y Ensamble de Prototipos Mecatrónicos

### Fase de Inicio

#### Tiempo estimado:

10 minutos

#### Propósito de la sesión:

**Docente:** Recuerda los avances y presenta la etapa de construcción como clave para validar el diseño mediante prototipos físicos.

#### Activación de conocimientos previos:

**Docente:** Pregunta: *¿Qué consideraciones de fabricación y ensamblaje son críticas para un prototipo funcional?*

**Estudiantes:** Responden en grupos pequeños y comparten ideas.

#### Motivación y enganche:

**Docente:** Muestra fotografías e historias de prototipos exitosos y los errores comunes en ensamblaje.

#### Contextualización:

**Docente:** Relaciona la construcción con la necesidad de iterar y aprender de la práctica real.

### Fase de Desarrollo

#### Tiempo estimado:

100 minutos

#### Presentación del contenido:

**Docente:** Explica técnicas básicas de construcción, uso de materiales y seguridad en taller.

#### Actividad 1: Ensamble del prototipo

- **Objetivo:** Construir físicamente la aeronave o modelo representativo con integración mecatrónica.
- **Instrucciones:**
  - Grupos siguen planos y diagramas para ensamblar las partes estructurales y sistemas electrónicos.
  - Documentan el proceso con fotografías y anotaciones.
- **Organización:** Grupos de 4 en taller o espacio adecuado.

- **Producto:** Prototipo físico y bitácora de construcción.
- **Tiempo:** 90 minutos.
- **Rol docente:** Supervisa seguridad, ofrece asesoría técnica y motiva la resolución colaborativa de problemas.

## Actividad 2: Revisión de funcionamiento preliminar

- **Objetivo:** Verificar operatividad básica de sistemas mecatrónicos integrados.
- **Instrucciones:**
  - Realizan pruebas simples de encendido, sensores y actuadores.
  - Identifican fallas o ajustes necesarios.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Lista de observaciones y ajustes.
- **Tiempo:** 10 minutos.
- **Rol docente:** Facilita análisis y promueve solución de problemas.

## Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Proponen mejoras estructurales o integran componentes adicionales.
- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo en manejo de herramientas y ensamblaje.

## Transición

**Docente:** Explica que la próxima sesión se dedicará a pruebas funcionales y optimización.

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado:

10 minutos

### Síntesis:

**Docente:** Solicita que cada grupo comparta un logro y un desafío durante la construcción.

### Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué habilidades prácticas desarrollaste hoy?
- ¿Cómo influyen los detalles de construcción en el rendimiento final?
- ¿Qué aprendiste sobre el trabajo en equipo durante el ensamblaje?

### Retroalimentación:

**Docente:** Da retroalimentación inmediata sobre calidad del ensamblaje y manejo seguro.

### Transferencia:

**Docente:** Enfatiza la importancia de las pruebas rigurosas para asegurar calidad y seguridad.

**Tarea o reto:**

Preparar checklist de pruebas para la siguiente sesión de evaluación funcional.

## **Sesión 5: Pruebas Funcionales y Optimización del Diseño**

### **Fase de Inicio**

**Tiempo estimado:**

10 minutos

**Propósito de la sesión:**

**Docente:** Revisa checklist de pruebas y enfatiza la importancia de validar el funcionamiento para mejorar el diseño.

**Activación de conocimientos previos:**

**Docente:** Pregunta: *¿Qué criterios usarían para evaluar si el prototipo cumple con los requisitos?*

**Estudiantes:** Comparten ideas en plenaria.

**Motivación y enganche:**

**Docente:** Muestra casos donde pruebas exitosas condujeron a mejoras significativas en aeronaves reales.

**Contextualización:**

**Docente:** Explica que este proceso es estándar en la industria para garantizar calidad y seguridad.

### **Fase de Desarrollo**

**Tiempo estimado:**

100 minutos

#### **Actividad 1: Ejecución de pruebas funcionales**

- **Objetivo:** Evaluar el desempeño y funcionalidad del prototipo.
- **Instrucciones:**
  - Grupos aplican el checklist para probar sistemas de vuelo, control, sensores y estructura.
  - Registran resultados, detectan fallas y proponen soluciones.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Informe de pruebas con evidencias y propuestas de mejora.
- **Tiempo:** 80 minutos.

- **Rol docente:** Supervisa pruebas, plantea preguntas de diagnóstico: "¿Qué fallas son críticas?", "¿Qué ajustes pueden mejorar eficiencia?"

## Actividad 2: Optimización y ajustes finales

- **Objetivo:** Implementar mejoras basadas en resultados de pruebas.
- **Instrucciones:**
  - Grupos realizan ajustes mecánicos y electrónicos para optimizar el prototipo.
  - Documentan los cambios y las razones.
- **Organización:** Grupos de 4.
- **Producto:** Prototipo actualizado y reporte de optimización.
- **Tiempo:** 20 minutos.
- **Rol docente:** Apoya en resolución de problemas técnicos y fomenta reflexión crítica.

## Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Proponen mejoras innovadoras o nuevas funcionalidades.
- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo para interpretar resultados y aplicar ajustes sencillos.

## Transición

**Docente:** Prepara a los estudiantes para la presentación final y evaluación del proyecto.

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado:

10 minutos

### Síntesis:

**Docente:** Solicita que cada grupo liste 3 aprendizajes clave del proceso de pruebas y optimización.

### Reflexión metacognitiva:

- ¿Cómo afectaron las pruebas a la calidad del prototipo?
- ¿Qué aprendizajes obtuviste sobre la importancia de iterar en el diseño?
- ¿Qué recomendaciones darías para futuros proyectos similares?

### Retroalimentación:

**Docente:** Da retroalimentación específica sobre la calidad del análisis y las mejoras realizadas.

### Transferencia:

**Docente:** Anuncia que la próxima sesión será la presentación final y reflexión sobre todo el proyecto.

**Tarea o reto:**

Preparar presentación final con enfoque en resultados y aprendizaje.

**Sesión 6: Presentación Final del Proyecto y Reflexión Integral****Fase de Inicio****Tiempo estimado:**

10 minutos

**Propósito de la sesión:**

**Docente:** Explica la dinámica de presentaciones finales y el objetivo de compartir aprendizajes y resultados.

**Activación de conocimientos previos:**

**Docente:** Invita a los estudiantes a recordar los objetivos iniciales del proyecto.

**Motivación y enganche:**

**Docente:** Refuerza la importancia de comunicar eficazmente los resultados.

**Contextualización:**

**Docente:** Conecta la presentación con habilidades profesionales clave en ingeniería.

**Fase de Desarrollo****Tiempo estimado:**

100 minutos

**Actividad 1: Presentación formal del proyecto**

- **Objetivo:** Comunicar el diseño, desarrollo, pruebas y resultados del proyecto.
- **Instrucciones:**
  - Cada grupo presenta un informe oral en 15 minutos, apoyado con diapositivas y prototipos.
  - Se incluye descripción del diseño, integración mecatrónica, pruebas y conclusiones.
  - Se reserva tiempo para preguntas y retroalimentación.
- **Organización:** Plenaria, grupos de 4 presentan a toda la clase.
- **Producto:** Presentación oral y visual, prototipo físico.
- **Tiempo:** 80 minutos (5 grupos aprox.).
- **Rol docente:** Evalúa claridad, profundidad técnica y capacidad de respuesta a preguntas.

## Actividad 2: Evaluación entre pares y autoevaluación

- **Objetivo:** Fomentar la crítica constructiva y la reflexión personal.
- **Instrucciones:**
  - Estudiantes completan rúbricas para evaluar presentaciones de sus compañeros.
  - Realizan autoevaluación sobre su contribución y aprendizaje.
- **Organización:** Individual y plenaria.
- **Producto:** Rúbricas y reflexiones escritas.
- **Tiempo:** 20 minutos.
- **Rol docente:** Facilita, recoge evidencias y orienta la reflexión.

## Diferenciación

- **Estudiantes avanzados:** Proponen preguntas críticas y sugerencias para proyectos futuros.
- **Estudiantes con dificultades:** Reciben apoyo para estructurar la autoevaluación y formular comentarios.

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado:

10 minutos

### Síntesis:

**Docente:** Realiza síntesis grupal destacando logros y áreas de mejora.

### Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué habilidades técnicas y blandas desarrollaste en este proyecto?
- ¿Cómo aplicarás lo aprendido en tu formación y carrera profesional?
- ¿Qué cambiarías si tuvieras que repetir el proyecto?

### Retroalimentación:

**Docente:** Proporciona retroalimentación global y específica a cada grupo, destacando fortalezas y sugerencias para el futuro.

### Transferencia:

**Docente:** Invita a los estudiantes a considerar proyectos similares y a continuar explorando el diseño aeronáutico.

### Tarea o reto:

Realizar un informe final individual que resuma aprendizajes, desafíos y proyecciones futuras.

## Evaluación

**Tipo de evaluación:**

- **Diagnóstica:** En sesión 1, activación con caso real para conocer conocimientos previos.
- **Formativa:** Durante todas las sesiones en actividades de desarrollo (análisis, modelado, integración, construcción, pruebas), con retroalimentación continua.
- **Sumativa:** En sesión 6, mediante presentación final, autoevaluación y coevaluación, y entrega de informe final.

**Criterios de evaluación:**

- Aplicación correcta de principios aerodinámicos y mecánicos en el diseño (Objetivo 1).
- Diseño e integración efectiva de sistemas mecatrónicos (Objetivo 2).
- Colaboración y trabajo en equipo durante todo el proyecto (Objetivo 3).
- Capacidad para evaluar y optimizar prototipos a partir de pruebas y simulaciones (Objetivo 4).
- Claridad y profesionalismo en la comunicación de resultados (Objetivo 5).

**Instrumentos sugeridos:**

- Rúbricas detalladas para evaluación de presentaciones y prototipos.
- Listas de cotejo para seguimiento de actividades y entregables.
- Observación directa durante actividades prácticas.
- Portafolio digital o físico con evidencias del proceso y productos.
- Autoevaluaciones y coevaluaciones estructuradas mediante formularios.

**Evidencias de aprendizaje:**

- Listas de requisitos y bocetos conceptuales (Sesión 1).
- Modelos CAD y reportes de simulación (Sesión 2).
- Diagramas y reportes de integración mecatrónica (Sesión 3).
- Prototipos físicos y bitácoras de construcción (Sesión 4).
- Informes de pruebas funcionales y optimización (Sesión 5).
- Presentaciones finales, rúbricas de evaluación, autoevaluaciones y reportes finales (Sesión 6).