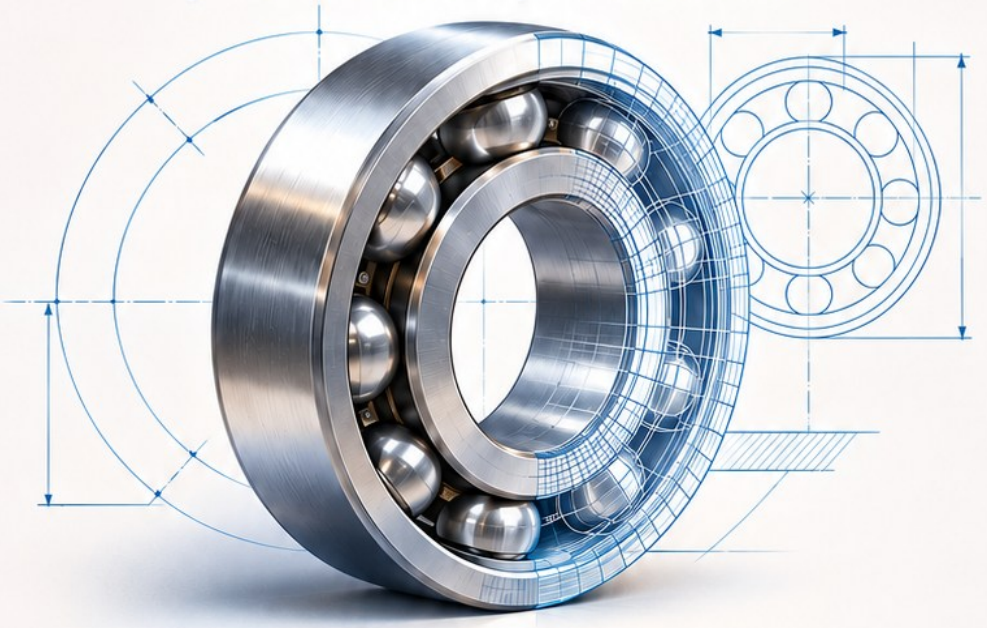
Live Working
EDITORIAL

Enseñanza de la Ingeniería Mecánica en Educación Superior

Diseño, experimentación y formación profesional



Ernesto Quishpe Sacancela
Lenin Aristóbulo Cardoso Machado
Christian Giovanni Flores Arévalo
Luis Andres Hidalgo Bonifaz
Nelson Ivan Tuquinga Sagñay

ISBN 978-9907-851-10-6

CRÉDITOS

Enseñanza de la Ingeniería Mecánica en Educación Superior
Diseño, experimentación y formación profesional

AUTORÍA Y AFILIACIONES

Ernesto Quishpe Sacancela
Universidad Técnica de Ambato
Correo: e.quishpe@uta.edu.ec
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5773-8485

Lenin Aristóbulo Cardoso Machado
Investigador independiente
Correo: lenincardosom@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7141-9054

Christian Giovanni Flores Arévalo
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Correo: giovanni.flores@espoch.edu.ec
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0132-8326

Luis Andres Hidalgo Bonifaz
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Correo: andres.hidalgo@upec.edu.ec;
andreshidalgo13245@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3635-5877

Nelson Ivan Tuquinga Sagñay
Investigador independiente
Correo: nelson.tuquinga@eppetroecuador.ec
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-8318-5575

INDEXACIÓN

Dirección y Coordinación Editorial: Sara Díaz Villacís

Revisión de contenido Christian Armendáriz PhD

Revisión pedagógica: Fabrizzio Andrade PhD

© ® Derechos de Copia y Propiedad Intelectual

Maquetación y Diseño de portada: *Sara Díaz V*

Libro bajo revisión técnica y didáctica de pares

Guayaquil - Ecuador

Octubre del 2026

Descarga:

https://liveworkingeditorial.com/product/978-9907-851-10-6/

Enlace del DOI:

https://doi.org/10.63792/978-9907-851-10-6

Certificado de autenticidad

ISBN: 978-9907-851-10-6

Primera edición: 2026

Esta obra se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Se permite la reproducción y distribución no comercial, siempre y cuando se cite la fuente original y no se realicen obras derivadas.

Distribuido digitalmente.

CONTENIDO

CRÉDITOS II

AUTORÍA Y AFILIACIONES II

INDEXACIÓN III

CONTENIDO V

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE FIGURAS X

ONTENIDOS MÍNIMOS XI

RESULTADOS DE APRENDIZAJE XII

INTRODUCCIÓN 15

UNIDAD 1. Fundamentos pedagógicos y organización del aprendizaje en ingeniería mecánica 19

Objetivo de aprendizaje 21

1.1. El problema mecánico como organizador del aprendizaje 21

1.2. Resultados de aprendizaje y secuencias conceptuales 26

1.4. Evaluación técnica, rúbricas y retroalimentación 35

1.5. Inclusión, autorregulación y mejora de la docencia.....41

Conclusiones de la unidad 1 44

UNIDAD 2. Diseño mecánico, modelado digital y procesos de manufactura 49

Objetivo de aprendizaje.....52

Desarrollo de la unidad 52

2.1. Necesidad funcional, especificaciones y planos.....52

2.2. Modelado paramétrico CAD y evaluación del razonamiento 59

2.3. Análisis CAE: hipótesis, malla y validación 65

2.4. CAM, mecanizado y fabricación aditiva.....70

2.5. Selección de materiales y mejora iterativa del diseño.75

Conclusiones de la unidad 2 79

UNIDAD 3. Experimentación, metrología y laboratorios de ingeniería mecánica 84

Objetivo de aprendizaje.....87

Desarrollo de la unidad 87

3.1. Diseño del experimento, variables y trazabilidad 87

3.2. Metrología, repetibilidad e incertidumbre 93

3.3. Materiales y resistencia: del modelo al ensayo 100

3.4. Fluidos, máquinas térmicas y transferencia de energía 104

3.5. Vibraciones, control y laboratorios digitales 109

Conclusiones de la unidad 3 113

UNIDAD 4. Competencias profesionales, transformación tecnológica y sostenibilidad.....118

Objetivo de aprendizaje.....121

Desarrollo de la unidad 122

4.1. Proyectos integradores, roles y comunicación técnica 122

4.2. Automatización, mantenimiento y datos industriales.127

4.3. Inteligencia artificial y responsabilidad en las decisiones 132

4.4. Sostenibilidad, seguridad y ciclo de vida.....139

4.5. Evaluación integradora y mejora del perfil de egreso144

Conclusiones de la unidad 4 149

GLOSARIO.....154

REFERENCIAS.....170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Correspondencia entre objetivo, actividad y evidencia 28

Tabla 2. Criterios de aceptación en el proceso CAD–CAE–CAM 62

Tabla 3. Plan mínimo de control de una práctica experimental 94

Tabla 4. Rúbrica sintética para integración de competencias 130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alineación didáctica 1.3. Estrategias activas sin pérdida de rigor conceptual 30

Figura 2. Ciclo de aprendizaje basado en proyectos 34

Figura 3. Alineación de resultados, actividades y evidencias 38

Figura 4. Proceso de diseño mecánico 58

Figura 5. Interpretación de planos 63

Figura 6. Ciclo de decisión en el diseño mecánico 73

Figura 7. Secuencia de experimentación en el laboratorio de mecánica 92

Figura 8. Medición e incertidumbre experimental 99

Figura 9. Secuencia de decisión en una práctica de medición 107

Figura 10. Desarrollo de competencias profesionales del ingeniero mecánico 126

Figura 11. Integración de simulación, manufactura y mejora continua en la formación mecánica 138

Figura 12. Integración de dimensiones del desempeño profesional 142

ONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad 1. Fundamentos pedagógicos y organización del aprendizaje en ingeniería mecánica

- El problema mecánico como organizador del aprendizaje
- Resultados de aprendizaje y secuencias conceptuales
- Estrategias activas sin pérdida de rigor conceptual
- Evaluación técnica, rúbricas y retroalimentación
- Inclusión, autorregulación y mejora de la docencia

Unidad 2. Diseño mecánico, modelado digital y procesos de manufactura

- Necesidad funcional, especificaciones y planos
- Modelado paramétrico CAD y evaluación del razonamiento
- Análisis CAE: hipótesis, malla y validación
- CAM, mecanizado y fabricación aditiva
- Selección de materiales y mejora iterativa del diseño

Unidad 3. Experimentación, metrología y laboratorios de ingeniería mecánica

- Diseño del experimento, variables y trazabilidad
- Metrología, repetibilidad e incertidumbre

- Materiales y resistencia: del modelo al ensayo
- Fluidos, máquinas térmicas y transferencia de energía
- Vibraciones, control y laboratorios digitales

Unidad 4. Competencias profesionales, transformación tecnológica y sostenibilidad

- Proyectos integradores, roles y comunicación técnica
- Automatización, mantenimiento y datos industriales
- Inteligencia artificial y responsabilidad en las decisiones
- Sostenibilidad, seguridad y ciclo de vida
- Evaluación integradora y mejora del perfil de egreso

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RA1. Analizar y planificar experiencias de enseñanza de ingeniería mecánica que articulen fundamentos científicos, tareas auténticas y evidencias de aprendizaje verificables.

- Relacionar contenidos científicos y decisiones propias de sistemas mecánicos.
- Seleccionar estrategias de enseñanza según la complejidad del desempeño esperado.

- Diseñar instrumentos de evaluación capaces de distinguir procedimiento, comprensión y criterio profesional.

RA2. Desarrollar criterios para enseñar el ciclo de diseño mecánico desde la representación geométrica hasta la validación y la fabricación responsable de componentes.

- Interpretar necesidades funcionales y transformarlas en especificaciones técnicas.
- Integrar herramientas CAD, CAE y CAM sin confundir visualización con validación.
- Justificar la selección de materiales y procesos mediante criterios medibles de desempeño.

RA3. Planificar y analizar experiencias experimentales de mecánica que integren procedimientos seguros, medición, incertidumbre y contraste con modelos físicos y digitales.

- Diseñar protocolos de medición que permitan reproducir resultados y estimar incertidumbre.
- Interpretar datos de materiales, fluidos, energía y vibraciones sin confundir observación con explicación.

• Seleccionar modalidades presenciales, virtuales o mixtas según los desempeños que deben comprobarse.

RA4. Integrar competencias técnicas, comunicativas, digitales, éticas y ambientales en experiencias de formación profesional de ingeniería mecánica basadas en evidencias.

• Diseñar proyectos integradores con responsabilidades, hitos y criterios de calidad explícitos.

• Examinar oportunidades y límites de la automatización y de la inteligencia artificial en el trabajo ingenieril.

• Argumentar decisiones profesionales considerando seguridad, impacto ambiental y comunicación técnica.

INTRODUCCIÓN

La formación universitaria en ingeniería mecánica enfrenta una tensión conocida: el estudiante puede resolver un ejercicio de resistencia de materiales y, sin embargo, no siempre logra decidir qué modelo representa mejor una pieza real. En el aula, la dificultad aparece cuando una dimensión cambia, el material disponible no coincide con el previsto o el dato experimental contradice la simulación. En esos momentos se revela que conocer una fórmula no equivale a saber utilizarla con responsabilidad técnica. El razonamiento ingenieril necesita conceptos, pero también criterios para reconocer su ámbito de aplicación y sus límites.

La disciplina reúne conocimientos de mecánica de sólidos, termodinámica, fluidos, materiales, manufactura, sistemas de control y diseño. Enseñarlos como compartimentos estancos puede facilitar la organización administrativa del currículo, aunque no representa la forma en que se manifiestan los problemas profesionales. Una transmisión de potencia involucra geometría, cargas, fatiga, lubricación, tolerancias, mantenimiento y costo. Cuando esas relaciones quedan fuera de la experiencia educativa, el estudiante aprende fragmentos sólidos de información que después le resulta difícil articular.

El propósito de la obra consiste en examinar cómo organizar una enseñanza que conecte explicación conceptual, representación técnica, experimentación y toma de decisiones. No propone reemplazar clases

magistrales por proyectos en todas las asignaturas, ni convertir cada contenido en una actividad tecnológica. Defiende una distribución razonada de métodos, de acuerdo con el aprendizaje que interesa comprobar. Una demostración rigurosa sigue siendo valiosa cuando el estudiante necesita comprender la lógica de una ley física; un laboratorio resulta imprescindible cuando debe apreciar la variabilidad de una medición.

La literatura reciente de educación en ingeniería ofrece argumentos para revisar la relación entre lo que el docente expone y lo que el estudiante es capaz de hacer con ese conocimiento. Las revisiones sobre aprendizaje basado en proyectos indican resultados prometedores, pero también diferencias importantes entre programas, instrumentos de evaluación y condiciones de implementación. Por ese motivo, el valor de una metodología no puede establecerse mediante una etiqueta. Debe examinarse la coherencia entre la tarea planteada, la preparación previa del estudiante, la intervención del profesorado y la evidencia utilizada para valorar el aprendizaje (Lavado-Anguera et al., 2024; Ramírez de Dampierre et al., 2024).

En diseño mecánico, el desarrollo de modelos digitales ha modificado la forma de enseñar. Un archivo tridimensional permite visualizar relaciones que un plano bidimensional no comunica con la misma facilidad, pero una geometría atractiva puede ocultar supuestos deficientes. La simulación por elementos finitos necesita una decisión fundamentada sobre cargas y

restricciones; la fabricación asistida por computadora exige anticipar herramientas, trayectorias y condiciones de operación. El tránsito entre CAD, CAE y CAM solo constituye aprendizaje avanzado cuando cada representación responde a una pregunta y puede contrastarse con resultados observables.

La experimentación tiene una función que ninguna animación sustituye por completo: hacer visible que los fenómenos presentan dispersión y que los instrumentos poseen límites. Un ensayo de flexión, una lectura de temperatura o un registro de vibraciones no ofrece una verdad automática. Requiere calibración, procedimientos reproducibles, registro de condiciones, análisis de incertidumbre e interpretación. Al mismo tiempo, las modalidades virtuales y remotas pueden ampliar las oportunidades de preparación, repetición y acceso. La decisión pedagógica consiste en determinar qué parte del desempeño puede desarrollarse mediante simulación y qué parte necesita contacto con equipos y materiales.

El libro considera la dimensión profesional de la ingeniería sin reducirla a empleabilidad inmediata. Un ingeniero debe explicar alternativas, estimar riesgos, documentar cambios y considerar los efectos materiales y ambientales de sus propuestas. En la universidad, estas capacidades pueden observarse cuando los equipos discuten una solución que funciona técnicamente, pero cuyo consumo energético o mantenimiento plantea dificultades. No se trata de exigir al estudiante que resuelva todos los

conflictos propios de una organización industrial; se trata de enseñarle a reconocer que existen y a justificar las decisiones con evidencia.

La estructura se despliega en cuatro unidades. La primera desarrolla la planificación pedagógica y la evaluación del aprendizaje ingenieril. La segunda estudia el diseño mecánico, el modelado y la conexión con manufactura. La tercera examina el laboratorio, la medición y los entornos digitales de experimentación. La cuarta integra competencias profesionales, sostenibilidad, automatización y responsabilidad en el uso de inteligencia artificial. Cada unidad mantiene un objetivo específico y desarrolla criterios de enseñanza aplicables a distintas asignaturas, sin presentar ejemplos hipotéticos como si fueran resultados empíricos.

La obra es una síntesis académica orientada a docentes, estudiantes avanzados y responsables curriculares. Sus propuestas de organización y evaluación son herramientas interpretativas, no un currículo obligatorio ni un estándar de acreditación. Las referencias citadas permiten reconocer el origen de las discusiones; las figuras y tablas son elaboraciones didácticas de los autores que requieren contextualización institucional antes de su aplicación. El criterio rector es sencillo, aunque exigente: una formación mecánica consistente debe enseñar a explicar por qué una solución puede funcionar, en qué condiciones deja de hacerlo y con qué pruebas es razonable sostener la decisión.

UNIDAD 1. Fundamentos pedagógicos y organización del aprendizaje en ingeniería mecánica

Una asignatura de ingeniería mecánica suele iniciar con una lista de temas: estática, cinemática, transferencia de calor o selección de materiales. Esa organización ayuda a distribuir el tiempo y los recursos, pero no explica qué debe comprender un estudiante ni cómo utilizará lo aprendido en una situación técnica. La planificación docente gana precisión cuando parte de una pregunta distinta: ¿qué decisiones podrá fundamentar el estudiante después de terminar la unidad? Formular esa expectativa obliga a diferenciar la habilidad de aplicar una ecuación de la capacidad de elegir la ecuación adecuada.

El aprendizaje técnico tiene una progresión. Antes de calcular la deformación de un elemento, el estudiante necesita reconocer el sistema, establecer condiciones de carga y comprender el significado físico de esfuerzo y deformación. También debe identificar cuándo una hipótesis de elasticidad lineal resulta defendible. Si la enseñanza omite esos pasos, la resolución se convierte en una secuencia de operaciones desconectadas. El problema no es únicamente didáctico; también afecta a la seguridad de las decisiones que más adelante deberán tomarse fuera del aula.

Las metodologías activas aportan posibilidades para integrar conocimiento conceptual y actuación, siempre que se diseñen con rigor. Un proyecto puede reunir mecánica, geometría y manufactura, pero también

puede distraer con la construcción de un objeto sin que exista explicación de por qué funciona. El aprendizaje basado en problemas ofrece una pregunta abierta; no elimina la necesidad de instrucción directa, lectura científica ni ejercicios de práctica. En una formación equilibrada, cada recurso cumple una función y su selección se justifica por la evidencia que se necesita obtener.

La evaluación requiere especial atención. Una nota alta en un examen de procedimientos no demuestra por sí sola que el estudiante interprete un resultado experimental, seleccione un modelo o identifique una falla de diseño. Tampoco una presentación grupal permite atribuir automáticamente el aprendizaje a cada integrante. Por esa razón, las tareas deben dejar rastros individuales y colectivos: supuestos iniciales, cálculos revisables, bitácoras, planos, ensayos, argumentos y decisiones corregidas. La evidencia de aprendizaje comienza mucho antes de la calificación final.

En carreras con grupos numerosos o recursos de laboratorio limitados, la discusión suele centrarse en la viabilidad de los proyectos. Sin embargo, también son posibles intervenciones pequeñas: comparar dos soluciones de un mismo problema, justificar una condición de frontera o comentar una lectura técnica en función de un criterio de seguridad. La pertinencia depende de que la actividad exija una operación cognitiva identificable, no de la sofisticación del dispositivo utilizado. Una experiencia breve puede ser profunda y un proyecto extenso puede producir aprendizaje superficial.

Los estudios contemporáneos sobre la formación ingenieril destacan la importancia de conectar currículo, competencias y contextos de práctica. No obstante, sus resultados no autorizan afirmar que una sola metodología sea superior en cualquier ambiente académico. Las diferencias institucionales, la preparación docente y los instrumentos de valoración condicionan los resultados. En consecuencia, esta unidad propone trabajar desde la alineación entre objetivos, actividades y evidencias, con revisión del proceso cuando el desempeño observado no coincide con el esperado.

La enseñanza responsable de la mecánica inicia por ofrecer al estudiante oportunidades para equivocarse de forma controlada, explicar por qué una alternativa no sirve y revisar su decisión. El aula puede convertirse así en un espacio de argumentación técnica, sin abandonar el rigor matemático. Esta perspectiva exige claridad curricular y una práctica de evaluación que valore las razones empleadas, además de la respuesta numérica obtenida.

Objetivo de aprendizaje

Analizar y planificar experiencias de enseñanza de ingeniería mecánica que articulen fundamentos científicos, tareas auténticas y evidencias de aprendizaje verificables.

1.1. El problema mecánico como organizador del aprendizaje

El punto de partida de una secuencia didáctica puede ser un componente ordinario: un eje, una ménsula o una unión atornillada. Su utilidad

pedagógica no depende de la complejidad geométrica, sino de las preguntas que obliga a formular. Identificar acciones externas, apoyos, materiales y modos probables de falla exige movilizar conceptos de varias asignaturas. La situación debe delimitarse: si todas las variables quedan abiertas, el estudiante puede perderse en decisiones para las que aún no dispone de fundamentos.

Conviene distinguir una pregunta de cálculo de un problema de ingeniería. La primera suele entregar el modelo, las condiciones y los datos para que se halle un valor. En el segundo, alguna de esas decisiones corresponde al estudiante. Puede ser necesario escoger si la pieza se modela como viga, placa o sólido; establecer qué carga es representativa; o justificar la relevancia de una dimensión. Esa diferencia resulta central para evaluar razonamiento técnico, porque revela qué parte de la solución procede de la comprensión y no de la reproducción de un procedimiento.

Un buen problema formativo permite regresar a los principios después de obtener un resultado. Si la tensión calculada supera un límite, la discusión no tiene que terminar en la sustitución de material. También puede considerar cambios geométricos, condiciones de operación o información insuficiente. La revisión de alternativas fortalece la argumentación, siempre que se exija explicitar sus consecuencias y no solo enumerar posibilidades. La experiencia de aprendizaje se documenta en decisiones sucesivas, con registro del motivo de cada corrección.

Una manera de reconocer si el problema propuesto favorece el razonamiento consiste en observar qué información recibe el estudiante. Cuando el enunciado aporta la geometría, la carga, la ecuación y el material, queda poco margen para decidir. En cambio, un soporte para un pequeño motor puede describirse mediante su función, el espacio disponible y una exigencia de seguridad. El alumnado tendría que plantear el diagrama de cuerpo libre, precisar las uniones y explicar por qué ciertas simplificaciones son aceptables.

La formulación del problema admite distintos niveles de apertura. En los primeros semestres puede entregarse el esquema del sistema y solicitar únicamente la elección de las fuerzas relevantes. Más adelante conviene reservar al estudiante la definición de las condiciones de contorno o el contraste entre dos modelos. La dificultad no aumenta necesariamente con el número de operaciones matemáticas; también aumenta cuando se exige justificar un supuesto frente a una alternativa plausible. Esta gradación permite utilizar un mismo componente en asignaturas diferentes.

En una actividad sobre un eje sometido a torsión, por ejemplo, la decisión relevante puede ser identificar la sección crítica antes de calcular tensiones. El grupo debería explicar dónde se transmite el par, qué efecto podrían tener las discontinuidades geométricas y bajo qué condiciones el análisis elástico resulta razonable. Después podría comparar un diámetro inicial con una propuesta modificada. La comparación no exigiría inventar cargas reales,

sino declarar un escenario didáctico explícito y mostrar qué cambia al modificar una variable.

Las respuestas incorrectas también pueden organizar la discusión. Si un equipo considera que una unión empotrada funciona como articulación, la revisión debe recuperar la evidencia que permitiría distinguir ambos comportamientos. La corrección no se limita a sustituir una figura por otra; solicita describir las consecuencias sobre fuerzas, momentos y deformaciones. Esta forma de retroalimentación mantiene visible la relación entre la representación adoptada y los resultados producidos.

La transformación de un componente en problema formativo exige determinar qué decisiones quedan abiertas. En un ejercicio relativo al soporte de un ventilador, la geometría puede estar parcialmente definida, mientras el estudiante analiza cómo se transmiten las cargas hacia la estructura. El docente no tendría que introducir de inmediato una solución única. Bastaría solicitar el reconocimiento de contactos, posibles desplazamientos y consecuencias de una fijación insuficiente. Esa representación inicial permite localizar desacuerdos antes de iniciar los cálculos.

La incertidumbre propia del enunciado también tiene valor didáctico. Si se desconoce la intensidad de una carga variable, corresponde establecer un intervalo justificado o identificar la medición necesaria. No se trata de reemplazar datos ausentes por cifras arbitrarias. El estudiante aprende a

distinguir una condición de diseño de una hipótesis provisional, y a registrar cómo cambiaría la decisión cuando se obtuviera información adicional. Esta práctica aproxima el razonamiento universitario a los problemas técnicos que no llegan completamente definidos.

Una discusión sobre modos de falla puede desarrollarse mediante esquemas comparativos. En una unión atornillada interesa examinar aflojamiento, deformación localizada, pérdida de contacto y consecuencias de una instalación incorrecta. No es necesario resolver todas esas posibilidades en una sola sesión. La prioridad depende del resultado de aprendizaje: reconocer cargas, seleccionar un modelo o proponer pruebas. Esta delimitación evita que la actividad derive en una lista de peligros sin análisis y permite evaluar lo que efectivamente se enseñó.

La defensa de una decisión merece un espacio propio dentro del ejercicio. Dos equipos pueden proponer soluciones distintas y justificar ambas a partir de restricciones diferentes. La comparación debe atender a los supuestos, las magnitudes críticas y las pruebas pendientes, no a cuál diseño parece más elaborado. Cuando el grupo revisa su propuesta después de recibir una objeción fundamentada, la corrección deja de representar una simple rectificación de respuesta. Se convierte en evidencia de aprendizaje sobre el problema mecánico.

1.2. Resultados de aprendizaje y secuencias conceptuales

La redacción de un resultado de aprendizaje necesita identificar una acción observable y el conocimiento que la hace posible. “Comprender la dinámica” es demasiado amplio para orientar una evaluación; “justificar la elección de un modelo de vibración y contrastarlo con datos medidos” delimita mejor el desempeño. La segunda formulación no garantiza calidad, pero permite diseñar evidencias que pueden examinarse. Se debe evitar, por otra parte, convertir todos los resultados en operaciones menores que fragmenten el juicio profesional.

Las secuencias requieren una base conceptual común. Antes de utilizar un solucionador digital para hallar frecuencias naturales, el estudiante debe distinguir masa, rigidez y amortiguamiento; reconocer sistemas de uno o varios grados de libertad; y comprender qué simplificaciones introdujo. La complejidad puede aumentar de la interpretación física al cálculo, después al ensayo y finalmente a la crítica del modelo. Una progresión cuidadosa disminuye la probabilidad de que los errores iniciales se oculten bajo representaciones gráficas correctas en apariencia.

La organización curricular también necesita revisar redundancias y ausencias. En ocasiones, distintas asignaturas explican el mismo procedimiento con terminología diferente y ninguna aborda la validación de resultados. Una matriz entre resultados, actividades y evidencias ayuda a detectar esas discontinuidades. La investigación sobre evolución de

programas de ingeniería mecánica advierte que la especialización transforma la distribución de competencias; esa transición exige justificar qué conocimientos fundamentales deben permanecer accesibles a lo largo de la carrera (Liu et al., 2026b).

Los resultados de aprendizaje pueden organizarse a partir de verbos que describan operaciones intelectuales concretas. Calcular una reacción, interpretar la deformación de una pieza y seleccionar una solución no representan el mismo nivel de desempeño. El primero exige aplicar un procedimiento; el segundo, comprender la relación entre magnitudes; el tercero, comparar condiciones y riesgos. Una secuencia bien diseñada hace explícitas esas diferencias sin convertir cada clase en un inventario de resultados aislados.

El encadenamiento curricular debe permitir recuperar conocimientos anteriores. En una práctica sobre transmisión de calor, por ejemplo, aparecen conceptos de balance energético, propiedades de materiales, geometría y lectura instrumental. El docente puede señalar esas relaciones al inicio y pedir que se revisen cuando un resultado parezca inconsistente. No basta con declarar que una asignatura tiene prerrequisitos: las actividades deben mostrar cuándo y por qué esos conocimientos vuelven a utilizarse.

Conviene revisar los puntos de ruptura entre asignaturas. A veces el alumnado aprende una convención de signos en una materia y otra diferente

en la siguiente, sin una explicación de los sistemas de referencia. La dificultad aparente puede atribuirse de manera incorrecta a falta de estudio, cuando en realidad existe una transición pedagógica insuficiente. Un ejercicio que compare ambas convenciones ayuda a distinguir el cambio de notación del cambio físico y evita memorizar procedimientos incompatibles.

La secuencia conceptual adquiere mayor valor cuando incluye momentos de retorno. Después de completar una simulación, el grupo puede reconsiderar el diagrama inicial y comprobar si la geometría realmente corresponde a las hipótesis empleadas. Esa revisión retrospectiva demuestra que el aprendizaje de ingeniería no siempre avanza en línea recta. Los modelos se refinan cuando aparecen nuevos datos y la enseñanza necesita reservar un espacio para justificar esas revisiones.

Tabla 1. Correspondencia entre objetivo, actividad y evidencia

Resultado	**Actividad central**	**Evidencia observable**
Interpretar cargas	Delimitar apoyos y acciones	Diagrama de cuerpo libre razonado
Seleccionar modelo	Comparar dos simplificaciones	Justificación escrita de hipótesis
Verificar resultado	Contrastar cálculo y medida	Registro de discrepancia y revisión
Comunicar decisión	Defensa y bitácora	Argumento técnico y límites

Nota. Elaboración propia como matriz de planificación; no constituye instrumento validado.

La Tabla 1 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso. La Figura 1 organiza resultados de aprendizaje, contenidos, actividades y evidencias para mostrar cómo se comprueba la coherencia de una secuencia de enseñanza.Una progresión curricular bien construida diferencia el reconocimiento de un fenómeno de su explicación y de su aplicación. En dinámica, identificar una oscilación periódica no equivale a determinar las condiciones en que aparece resonancia. Tampoco calcular una frecuencia natural prueba que el estudiante comprenda el efecto de modificar la rigidez. El tránsito entre esas operaciones requiere tareas distintas y criterios de revisión explícitos. Un mismo dispositivo puede utilizarse para comprobar avances sin cambiar innecesariamente el contexto físico.

Las secuencias conceptuales pueden incluir preguntas de transferencia. Después de estudiar deformaciones en barras, el docente presenta un elemento con condiciones de sujeción diferentes y solicita identificar qué hipótesis conservan validez. La respuesta correcta no exige necesariamente un cálculo inmediato. Puede comenzar por reconocer la nueva trayectoria de cargas o la necesidad de modificar el diagrama de cuerpo libre. Ese procedimiento revela si el conocimiento se utiliza para pensar o solo para repetir un ejemplo conocido.

Figura 1.

Alineación didáctica en la enseñanza de la **ingeniería mecánica**



Nota. La alineación didáctica articula lo que se espera aprender, cómo se enseña, cómo se practica y cómo se evalúa en la formación mecánica.

1.3. Estrategias activas sin pérdida de rigor conceptual

El aprendizaje basado en proyectos resulta pertinente cuando el estudiante puede producir un objeto, un modelo o una propuesta cuyo desempeño admite verificación. Su aporte no está garantizado por el trabajo en equipo. Exige hitos de revisión, criterios de aceptación y momentos de explicación individual. Una programación posible separa la definición del problema, la formulación de alternativas, el análisis físico, la comprobación y la revisión final. Las publicaciones de Lavado-Anguera et al. (2024) y Ramírez de Dampierre et al. (2024) muestran que la evaluación del proyecto merece tanta atención como su puesta en marcha.

El aprendizaje basado en problemas ofrece otra función: enseñar a identificar información relevante y reconocer la que falta. Puede utilizarse antes de introducir una nueva herramienta matemática, siempre que exista acompañamiento suficiente. En ese contexto, la discusión entre estudiantes no reemplaza la explicación formal; prepara preguntas más precisas y permite confrontar supuestos. Gutierrez-Berraondo et al. (2025) examinan una integración de problemas y proyectos STEM, mientras Huerta-Gomez-Merodio y Requena-Garcia-Cruz (2025) analizan una experiencia transversal que conecta disciplinas implicadas en el diseño de producto.

La clase expositiva conserva un lugar legítimo, especialmente en la deducción de principios y la aclaración de modelos. Su límite aparece cuando monopoliza todas las evidencias de aprendizaje. La alternativa no

consiste en oponer una modalidad a otra, sino en seleccionar una secuencia en la que explicación, práctica deliberada, aplicación y revisión se apoyen mutuamente. El docente debe comprobar si el estudiante puede explicar la pertinencia de una ecuación antes de aceptarla como herramienta para una decisión.

En un curso de elementos de máquinas, un proyecto puede consistir en proponer una transmisión sencilla bajo restricciones conocidas. El primer hito no sería fabricarla, sino comparar opciones mediante criterios de relación de transmisión, mantenimiento, dimensiones y seguridad. En una segunda fase se realizarían cálculos de referencia y se explicitarían supuestos. Solo después tendría sentido construir un modelo o prototipo. Así, cada entrega produce información necesaria para la siguiente y permite intervenir antes de que se consolide un error conceptual.

Las actividades de aprendizaje basado en problemas pueden comenzar con información incompleta de manera deliberada. Frente a una falla de un acoplamiento, por ejemplo, el estudiante puede identificar qué observaciones necesita antes de recomendar un cambio. El docente valora si distingue síntomas de causas, si evita atribuir la falla a un único factor sin pruebas y si propone verificaciones factibles. La discusión posterior puede utilizar el mismo caso para introducir fatiga, alineación o lubricación, según el nivel del curso.

La modalidad de enseñanza no elimina la necesidad de instrucción explícita. Cuando una relación matemática es nueva, una explicación breve y rigurosa puede evitar errores persistentes que después resultan difíciles de corregir en el proyecto. La combinación de demostración, práctica guiada y trabajo autónomo responde mejor a esa necesidad que la defensa de una metodología como solución universal. Las revisiones sobre proyectos en ingeniería ofrecen antecedentes para diseñar estas combinaciones, aunque sus resultados dependen del contexto (Lavado-Anguera et al., 2024).

La Figura 2 presenta el ciclo de un proyecto formativo y permite reconocer dónde se justifican las decisiones técnicas y cómo interviene la retroalimentación.

Las actividades de proyecto necesitan una escala compatible con el tiempo académico. Un sistema de transmisión sencillo puede exigir decisiones sobre la relación de velocidades, el tipo de acoplamiento y la protección de partes móviles. Si el curso dispone de pocas semanas, la tarea puede concluir en un diseño razonado y una simulación limitada. Exigir además la fabricación completa podría desplazar el esfuerzo hacia compras, logística o ensamblaje y dejar sin evaluación los principios que motivaron la actividad.

El trabajo por hitos ayuda a detectar dificultades antes de que se conviertan en defectos del producto final. En el primer encuentro se revisan requisitos y supuestos. Una segunda revisión examina modelos y cálculos,

Figura 2.

Ciclo de aprendizaje basado en proyectos en **ingeniería mecánica**



Nota. El aprendizaje basado en proyectos vincula la teoría, el diseño, la experimentación y la reflexión en contextos auténticos de la ingeniería mecánica.

1.4. Evaluación técnica, rúbricas y retroalimentación

La evaluación de proyectos de ingeniería puede distinguir la calidad del producto y la calidad del razonamiento. Una pieza fabricada con tolerancias aceptables puede haber resultado de ensayos repetidos sin comprensión de los parámetros que la afectan. A la inversa, un prototipo imperfecto puede documentar un proceso metodológicamente sólido y reconocer con precisión sus límites. La rúbrica necesita reflejar ambas dimensiones para no premiar únicamente la apariencia final.

Los criterios deben comunicarse desde el inicio: interpretación de la situación, formulación de supuestos, consistencia del cálculo, verificación, comunicación técnica y gestión de la seguridad. Cada criterio puede describirse mediante evidencias observables. “Trabajo excelente” no explica al estudiante qué hizo bien; “compara la solución analítica con el ensayo y explica una diferencia relevante” ofrece información utilizable. La retroalimentación mejora cuando identifica una decisión concreta que puede revisarse.

La distribución de responsabilidades dentro del equipo también merece documentación. Una bitácora compartida registra avances y dificultades, pero las defensas individuales permiten valorar si cada participante comprende el resultado. El portafolio técnico puede contener una primera hipótesis, una modificación de geometría y la justificación del cambio. En estudios de ingeniería se ha observado la necesidad de fortalecer capacidades de investigación y autorregulación, lo que respalda el uso de evidencias procesuales más allá del examen final (Rodríguez-Borges et al., 2024; Zambrano & Hernandez, 2026).

Una rúbrica técnica resulta más útil cuando sus descriptores indican qué diferencias serían observables entre niveles. En lugar de asignar una calificación general al diseño, puede distinguirse la coherencia de los supuestos, la exactitud de las operaciones y la verificación del resultado. Una solución numéricamente correcta con apoyos mal definidos presenta un problema distinto de una solución conceptualmente adecuada con un error aritmético. La retroalimentación debe identificar esa diferencia porque la acción correctiva no será la misma.

La evidencia puede organizarse en un expediente de decisión. La primera versión registra el modelo y los motivos de selección; una revisión posterior incorpora las observaciones del docente o de los compañeros; la versión final explica qué cambió. Esta secuencia ayuda a valorar el progreso sin convertir el portafolio en una acumulación de archivos. Lo relevante es que cada documento permita reconstruir una decisión técnica y reconocer qué evidencia motivó su modificación.

La retroalimentación requiere oportunidad temporal. Si la observación sobre una condición de frontera llega después de concluido el curso, difícilmente modifica el razonamiento que produjo el error. Pueden introducirse revisiones breves en los hitos del proyecto, concentradas en una o dos decisiones cruciales. El estudiante responde mediante una corrección documentada, no con una declaración genérica de haber comprendido. Esa interacción ofrece una evidencia más sólida del aprendizaje que una rectificación hecha por otra persona.

Figura 3. Alineación de resultados, actividades y evidencias



Nota. Esquema original para discutir la planificación del aprendizaje.

La Figura 3 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

Cuando interviene una herramienta de evaluación automática, sus criterios deben comunicarse con precisión. El sistema puede detectar diferencias geométricas, unidades incorrectas o parámetros fuera de rango, pero no siempre distingue una elección justificada de una copia formalmente correcta. Por ello, el reporte automatizado se interpreta junto con una explicación oral o escrita del estudiante. El docente conserva la responsabilidad de determinar si las evidencias corresponden al resultado de aprendizaje esperado.

La evaluación debe distinguir errores que exigen intervenciones pedagógicas diferentes. Si una tensión se calcula con una unidad incorrecta, corresponde trabajar conversión y comprobación dimensional. Cuando la operación es correcta pero el modelo omite una carga decisiva, la dificultad se encuentra en la representación del sistema. Un mismo puntaje puede ocultar ambas situaciones. Por ello, las rúbricas analíticas necesitan

describir la calidad de los supuestos y no limitarse a premiar el número final o la presentación gráfica.

Un expediente de evidencias puede conservar tres momentos: propuesta inicial, contraste y decisión revisada. No necesita reunir cada archivo producido durante el semestre. Conviene seleccionar documentos que permitan observar un cambio relevante, como la modificación de una restricción en el modelo o la corrección de una interpretación experimental. La valoración de progreso resulta más defendible cuando el estudiante explica qué información motivó cada modificación y qué interrogante permanece sin resolver.

La retroalimentación entre pares funciona mejor si se apoya en preguntas técnicas concretas. Ante un plano, un compañero puede preguntar qué superficie determina la posición de montaje o cómo se comprobará una tolerancia. La revisión no debería convertirse en una votación sobre el aspecto del dibujo. El docente proporciona criterios y supervisa los argumentos para evitar que se consoliden explicaciones incorrectas. El intercambio contribuye al aprendizaje cuando obliga a explicitar decisiones que habían quedado implícitas.

1.5. Inclusión, autorregulación y mejora de la docencia

Una enseñanza exigente no requiere que todos los estudiantes aprendan por la misma vía. Los planos, las maquetas, las simulaciones y las explicaciones verbales pueden ofrecer accesos distintos a una relación mecánica, sin modificar el criterio técnico que debe demostrarse. El ajuste didáctico no equivale a rebajar la complejidad; significa preparar apoyos pertinentes y retirarlos gradualmente cuando el estudiante puede actuar con autonomía.

La autorregulación se fortalece cuando el estudiante conoce el objetivo, anticipa cómo comprobará su avance y revisa sus errores. Antes de iniciar un laboratorio, puede formular qué espera observar y qué diferencia consideraría significativa. Después, contrasta la previsión con los datos. Ese pequeño ciclo exige un vocabulario preciso para distinguir error, incertidumbre, hipótesis y explicación. La percepción estudiantil de estas capacidades constituye un campo de investigación activo, aunque no debe confundirse la percepción declarada con desempeño comprobado (Zambrano & Hernandez, 2026).

La mejora docente necesita examinar evidencias reales de aprendizaje. Una asignatura puede contar con numerosas actividades activas y mantener dificultades persistentes en la interpretación de diagramas o en la selección de modelos. El profesor requiere identificar qué paso falló y ajustar el orden de explicación, la demostración o la retroalimentación. Los trabajos sobre prácticas modulares en física y combinación de metodologías activas ofrecen referentes para estudiar el proceso, sin extrapolar resultados entre carreras como si fueran equivalentes (Sánchez et al., 2024; Roig et al., 2026).

La accesibilidad de un contenido mecánico puede mejorar mediante representaciones complementarias de un mismo fenómeno. Un mecanismo se comprende a partir de un esquema cinemático, una animación y la observación de una maqueta, siempre que esas representaciones se conecten explícitamente. La diversidad de formatos no garantiza por sí sola comprensión. El estudiante debe explicar qué información conserva cada representación y qué detalles omite, de modo que la elección del recurso siga vinculada al razonamiento técnico.

La autorregulación puede documentarse con pronósticos de desempeño. Antes de resolver una práctica, el estudiante identifica qué parte considera más incierta y qué comprobación utilizará para revisar su trabajo. Después compara la previsión con lo realizado e indica dónde cambió su comprensión. Este registro no exige declaraciones extensas: necesita preguntas precisas y evidencia concreta. La reflexión adquiere valor cuando modifica un plan de estudio o una decisión técnica posterior.

La inclusión en ingeniería no consiste en eliminar la exigencia técnica, sino en hacer accesible el camino hacia ella. Cuando un tema depende fuertemente de visualización espacial, pueden combinarse vistas ortogonales, maquetas sencillas y modelos rotables. Cada recurso revela información diferente. El estudiante necesita reconocer esas diferencias para que la representación alternativa no se convierta en un atajo ajeno al contenido. La evaluación mantiene la obligación de explicar forma, función y relación entre componentes.

Los apoyos graduados permiten atender experiencias previas desiguales. En una primera tarea, el docente puede entregar un esquema incompleto y solicitar que se identifiquen las fuerzas

relevantes. Más adelante, ese andamiaje se retira y corresponde al estudiante elaborar el diagrama. El progreso se observa en la autonomía y en la calidad de las justificaciones, no en el uso de una misma actividad para todos. La dificultad debe aumentar cuando existe evidencia de que las bases conceptuales se han consolidado.

La autorregulación puede construirse alrededor de decisiones de estudio concretas. Antes de presentar un informe, el estudiante revisa si las unidades son consistentes, si cada resultado cuenta con un criterio de aceptación y si los gráficos permiten reconocer las variables. Después identifica un error recurrente y decide cómo prevenirlo en la siguiente práctica. La reflexión tiene mayor utilidad cuando genera un cambio verificable que cuando se reduce a declarar satisfacción o esfuerzo invertido.

Conclusiones de la unidad 1

La planificación de la enseñanza mecánica alcanza coherencia cuando los resultados de aprendizaje dejan de ser una declaración desligada de la práctica. La primera unidad ha distinguido el conocimiento conceptual de la capacidad para

seleccionar modelos, interpretar condiciones y justificar soluciones. Esa distinción no resta valor a la teoría, sino que la ubica dentro del proceso en que adquiere significado profesional. Un estudiante que domina la ecuación de flexión, pero no puede explicar por qué una pieza admite ese modelo, todavía necesita un aprendizaje esencial. La enseñanza debe proporcionar ocasiones para reconocer el sistema antes de calcularlo.

El problema mecánico puede funcionar como organizador curricular siempre que su complejidad corresponda al nivel formativo. La autenticidad no exige reproducir todos los detalles de una planta industrial. Es más útil una situación delimitada cuya información permita contrastar hipótesis y revisar alternativas que un encargo de gran escala resuelto por intuición. Los proyectos educativos con productos verificables pueden reunir disciplinas, pero requieren preparación previa, hitos y criterios explícitos. El docente necesita decidir qué operaciones cognitivas espera observar y cuáles herramientas son realmente necesarias para provocarlas.

La secuencia de aprendizaje resulta más clara cuando avanza desde el reconocimiento de magnitudes y relaciones hacia la

elaboración de modelos y su aplicación contextual. Esta progresión no debe entenderse como una escalera rígida: pueden aparecer preguntas complejas al inicio que justifiquen después un trabajo conceptual profundo. La clave consiste en hacer visible para el estudiante qué parte de una respuesta depende de un principio físico y qué parte constituye un supuesto adoptado. La revisión de errores, lejos de representar una interrupción, puede convertirse en un recurso para comprender la sensibilidad de las decisiones.

La evaluación ha sido presentada como una responsabilidad central de la planificación. No basta con que la tarea produzca un plano, una maqueta o un informe técnicamente atractivo. Es necesario examinar cómo se obtuvo, qué decisiones quedaron documentadas y si los participantes pueden defender individualmente el resultado. Los criterios de corrección deben describir comportamientos observables y diferenciar cálculo, interpretación, validación y comunicación. Una calificación global que mezcla todos esos aspectos puede ocultar una deficiencia relevante para el desempeño futuro.

El trabajo en equipo necesita combinar colaboración y atribución individual del aprendizaje. Cuando una persona domina el software y otra se ocupa de la exposición, el producto conjunto puede parecer competente sin que todos comprendan los fundamentos. La rotación de responsabilidades, los registros de decisiones y las defensas breves reducen esa invisibilidad. No se trata de desconfiar del equipo, sino de ofrecer a cada estudiante una oportunidad real de explicar sus aportes y de corregir su razonamiento a partir de evidencias.

La autorregulación y la inclusión se vinculan de manera concreta con este enfoque. Las condiciones iniciales de conocimiento y experiencia digital pueden ser distintas, pero el criterio final de desempeño debe permanecer claro. El docente puede ofrecer apoyos graduados, recursos de representación variados y momentos de retroalimentación, mientras exige justificación técnica y mejora progresiva. La accesibilidad didáctica no equivale a sustituir la actividad del estudiante por una solución preparada. Su sentido consiste en ampliar las posibilidades de participación competente.

Las investigaciones consultadas permiten reconocer experiencias prometedoras de aprendizaje activo en ingeniería, pero no autorizan una conclusión universal sobre cuál método debe utilizarse siempre. Los contextos institucionales, la duración de las actividades, el equipamiento y los instrumentos de evaluación varían considerablemente. La mejora docente debe apoyarse en evidencias obtenidas en la propia asignatura: errores persistentes, calidad de las defensas, congruencia de informes y evolución del desempeño. Cualquier decisión de rediseño curricular requiere interpretar esos registros con prudencia.

En relación con el objetivo de la unidad, la planificación basada en problemas, tareas y evidencias ofrece un procedimiento defendible para formar razonamiento ingenieril. Su eficacia no depende de llenar el curso de actividades, sino de seleccionar las que hacen visible el aprendizaje esperado. La unidad concluye con una idea operativa: enseñar ingeniería mecánica significa preparar condiciones para que una persona explique un fenómeno, elija una representación pertinente, revise su respuesta y reconozca los límites de la decisión.

UNIDAD 2. Diseño mecánico, modelado digital y procesos de manufactura

El diseño mecánico suele asociarse con una imagen tridimensional producida en un sistema informático. Sin embargo, el archivo CAD es solo una representación de decisiones previas: la función de la pieza, sus interfaces, la carga prevista, las restricciones de fabricación y las condiciones de servicio. Cuando un curso reduce el diseño a dominar comandos, la destreza digital puede mejorar mientras la argumentación técnica permanece débil. La enseñanza necesita vincular cada operación geométrica con el motivo que la justifica, sin desestimar la importancia del manejo correcto del software.

Un modelo paramétrico permite modificar dimensiones sin redibujar la pieza desde cero. Ese recurso transforma la enseñanza cuando se aprovecha para estudiar sensibilidad y dependencia. Cambiar el diámetro de un eje puede alterar rigidez, masa, ajuste y costo; la modificación de una sola variable obliga a revisar otras decisiones. El estudiante debe comprender que un árbol de operaciones no es una simple secuencia de clics.

Registra la estructura del razonamiento geométrico y facilita, si está bien construido, la evaluación de alternativas posteriores.

La simulación numérica amplía las posibilidades de aprendizaje, pero introduce riesgos de interpretación. Un mapa de tensiones con colores intensos puede resultar convincente incluso cuando las restricciones se aplicaron incorrectamente. La calidad del resultado no depende de su aspecto visual, sino de las hipótesis del modelo, la discretización, la selección del material y las verificaciones realizadas. La enseñanza del análisis por elementos finitos debe familiarizar al estudiante con pruebas sencillas de consistencia y con el uso complementario de estimaciones analíticas.

La fabricación agrega restricciones que el modelo ideal no anticipa siempre. Una forma diseñada para impresión aditiva puede requerir orientación específica, soportes y posprocesado; una trayectoria de mecanizado depende de la herramienta, la sujeción y la accesibilidad. La comparación entre procesos no debería presentarse como una competencia donde uno sustituye universalmente al otro. El aprendizaje profesional consiste en

reconocer qué proceso resulta razonable para una geometría, un material, una cantidad y un nivel de calidad determinados.

La integración de CAD, CAE y CAM se ha investigado en propuestas educativas que combinan fabricación, optimización y proyectos. Los trabajos de Afify et al. (2024), Guo (2025) y Prabhu et al. (2025) muestran formas concretas de conectar herramientas de diseño con prácticas de manufactura. Esas experiencias ofrecen referencias útiles, aunque no implican que todas las instituciones requieran el mismo parque tecnológico. Un ejercicio bien formulado puede enseñar decisiones fundamentales incluso con equipamiento limitado, siempre que los procedimientos y límites se expliquen.

También importa cómo se valora el aprendizaje. La coincidencia geométrica con un modelo de referencia puede comprobarse de manera automatizada, pero no es suficiente para evaluar funcionalidad o justificación. Un estudiante puede reproducir correctamente una pieza sin explicar el orden de operaciones ni la relación de las tolerancias con el montaje. Las herramientas automáticas de corrección deben integrarse con revisiones del razonamiento, no sustituirlas. La formación técnica

necesita distinguir entre errores de representación, errores de modelado físico y decisiones deficientes de diseño.

Esta unidad propone entender el diseño como una conversación entre necesidad, modelo, análisis, fabricación y evidencia. Cada paso genera información para revisar los anteriores. La versión final de una pieza es menos importante pedagógicamente que la capacidad de explicar por qué esa solución fue elegida, qué alternativas se descartaron y qué pruebas permitirían juzgar si funciona en las condiciones previstas.

Objetivo de aprendizaje

Desarrollar criterios para enseñar el ciclo de diseño mecánico desde la representación geométrica hasta la validación y la fabricación responsable de componentes.

Desarrollo de la unidad

2.1. Necesidad funcional, especificaciones y planos

Un problema de diseño comienza con una función descrita en términos que puedan verificarse. “Construir una pieza resistente”

no delimita suficiente información. Resulta necesario conocer qué acciones debe soportar, durante cuánto tiempo, en qué ambiente y con qué límites de tamaño, masa o costo. El estudiante puede elaborar una matriz donde cada necesidad se traduzca en una especificación y en un método de comprobación. Esta relación evita diseñar alrededor de preferencias estéticas ajenas al uso previsto.

La interpretación del dibujo técnico constituye un puente entre decisiones y producción. Vistas, secciones, cotas, ajustes y tolerancias deben explicarse como lenguaje de comunicación y no como convenciones aisladas. Una tolerancia excesivamente estrecha puede encarecer la pieza sin aportar funcionalidad; una demasiado amplia puede comprometer el montaje. La enseñanza se fortalece cuando la geometría se relaciona con superficies de referencia y con operaciones que después serán medidas.

Los planos también representan compromisos. Una unión que parece sencilla en perspectiva puede exigir una secuencia compleja de ensamblaje; un conducto puede facilitar el flujo y dificultar la limpieza. La revisión debe incorporar accesibilidad, inspección, mantenimiento y seguridad. Un estudiante que

argumenta esas relaciones demuestra un tipo de comprensión más transferible que quien reproduce únicamente la forma solicitada.

La especificación funcional debe redactarse de forma que exista un procedimiento para contrastarla. Una transmisión destinada a operar de manera continua no puede definirse solo por la potencia nominal del motor; también interesan el régimen de trabajo, los arranques, las posibles sobrecargas y las condiciones ambientales. En un ejercicio universitario, el alumnado puede construir una hoja de requisitos que diferencie lo conocido, lo supuesto y lo que requeriría medición. Esa clasificación obliga a reconocer la procedencia de cada decisión.

El plano técnico actúa como contrato de interpretación entre quienes diseñan, fabrican e inspeccionan. Una cota sin referencia funcional puede dar lugar a ambigüedades aun cuando el dibujo parezca completo. Conviene estudiar cómo se identifican superficies de apoyo, ejes de referencia y relaciones de montaje. Una tarea útil consiste en entregar un conjunto de piezas y solicitar qué dimensiones necesitan tolerancias más exigentes

para conservar su función, explicando por qué otras pueden mantener intervalos mayores.

La selección de ajustes permite comprender que las tolerancias no son detalles ornamentales. Una unión entre eje y alojamiento puede requerir libertad de giro, posicionamiento o fijación. El estudiante debe reconocer esas funciones antes de elegir una designación dimensional. Después puede analizar cómo influyen la temperatura, el acabado superficial y el método de ensamblaje. Si faltan datos de servicio, la elección debe presentarse como preliminar, no como una solución definitiva.

Las revisiones de diseño pueden registrar decisiones con una estructura sencilla: requisito afectado, alternativa analizada, evidencia utilizada y consecuencia prevista. Cuando se cambia un diámetro para facilitar fabricación, el registro debería indicar si se altera la resistencia o la compatibilidad con otras piezas. El uso de esta documentación desarrolla trazabilidad entre necesidad y solución. También permite explicar por qué un diseño descartado pudo haber sido razonable bajo restricciones diferentes.

La Figura 4 distingue las etapas de identificación de necesidades, definición de requisitos, modelado, verificación y prototipado.

La definición de requisitos puede comenzar por una función expresada con un verbo verificable: sostener, transmitir, conducir, limitar o posicionar. Después se identifican las condiciones de servicio que determinan esa función. Un soporte destinado a mantener alineados dos elementos rotatorios necesita información sobre cargas y geometría, pero también sobre montaje e inspección. Si se omiten estas últimas condiciones, el modelo puede resultar matemáticamente coherente y operacionalmente inconveniente. La enseñanza debe mostrar cómo una necesidad incompleta produce especificaciones débiles.

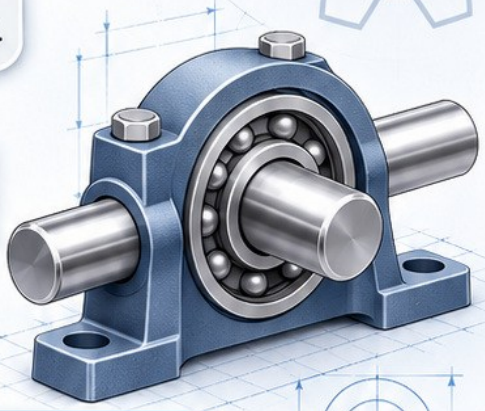
Conviene separar requisitos obligatorios de preferencias de diseño. La ausencia de una guarda de seguridad puede invalidar una propuesta aunque presente bajo costo y buena apariencia. En cambio, dos configuraciones que cumplen la seguridad pueden compararse por facilidad de mantenimiento o consumo de material. Esta distinción ayuda a evitar matrices de decisión

donde un incumplimiento crítico queda compensado por puntuaciones favorables en otros criterios. El estudiante aprende a argumentar restricciones antes de asignar ponderaciones.

Los planos desempeñan una función contractual entre distintas operaciones técnicas. El diseñador conoce la intención, pero quien fabrica necesita referencias, cotas y tolerancias interpretables. Una superficie funcional mal identificada puede provocar discrepancias aunque se respete cada medida aislada. Para trabajar esta dificultad, la clase puede revisar dos planos de una misma pieza y discutir cuál comunica mejor el montaje. La respuesta debe apoyarse en referencias geométricas y posibilidades de inspección, no en preferencias tipográficas.

Figura 4.

Proceso de diseño mecánico desde el problema hasta el **prototipo**



Necesidad o problema
Identifica y delimita la necesidad que se desea resolver (funcional, técnica, económica o de contexto).

Requisitos
Establece los criterios y restricciones que debe cumplir la solución (función, desempeño, seguridad, normas, costo, etc.).

Generación de conceptos
Propone y desarrolla múltiples soluciones viables que satisfacen los requisitos.

Selección de alternativa
Evalúa y compara los conceptos con métodos y criterios objetivos (p. ej., matriz de decisión, ponderación) para elegir la mejor opción.

Modelado CAD
Desarrolla el modelo digital 3D detallado de la alternativa seleccionada, definiendo la geometría, materiales y tolerancias.

Análisis y validación
Verifica que el diseño cumple los requisitos mediante análisis (p. ej., resistencia, rigidez, fatiga, vibración), simulación y, de ser necesario, pruebas experimentales.

Prototipo
Materializa y prueba la solución seleccionada (prototipo físico o funcional) para demostrar su desempeño y factibilidad antes de la implementación.



Nota. El diseño mecánico es un proceso iterativo y basado en evidencia, en el que se refina y mejora la solución con base en análisis, simulación y pruebas.

2.2. Modelado paramétrico CAD y evaluación del razonamiento

La enseñanza de CAD necesita separar el dominio instrumental de la capacidad de modelar. Conocer las herramientas de extrusión, revolución y patrón es una base; decidir qué restricciones geométricas representan la intención del diseño constituye un desempeño superior. Un croquis completamente definido no garantiza la validez funcional, pero facilita que una modificación conserve relaciones importantes. El orden de operaciones revela qué dimensiones fueron tratadas como independientes y cuáles se derivan de ellas.

La evaluación puede comparar el modelo final, su estabilidad ante cambios y la claridad de su estructura. Si al modificar una dimensión principal se destruyen operaciones posteriores, el estudiante debe explicar qué dependencia originó la falla. Liu et al. (2026a) examinan la transición entre entrenamiento procedimental de software y razonamiento más próximo a la práctica profesional. Por su parte, Tierney (2025) estudia la automatización de la corrección de actividades CAD; el valor de

ese recurso debe situarse dentro de un sistema de evaluación más amplio.

La familiaridad digital no elimina la necesidad de croquis a mano ni de visualización espacial. Una representación preliminar puede descubrir un problema de montaje antes de construir un modelo detallado. Es útil pedir al estudiante que explique verbalmente las relaciones entre piezas y que dibuje una sección crítica sin depender del visor. Esa alternancia favorece una comprensión física que no queda confinada a la interfaz del programa.

La intención de diseño constituye el criterio central de un modelo paramétrico. Dos archivos pueden representar la misma geometría, pero reaccionar de manera muy diferente cuando cambia una dimensión. En uno, las relaciones entre perforaciones, superficies y referencias permanecen estables; en otro, la modificación rompe operaciones posteriores. Comparar esos comportamientos enseña que el árbol de construcción no es una secuencia casual de comandos. Es una expresión de las dependencias que el diseñador consideró importantes.

Para desarrollar esta capacidad, puede utilizarse una pieza con simetría y elementos repetidos. Antes de iniciar el software, el estudiante identifica cotas principales, relaciones geométricas y características que deberán conservarse. Luego crea un primer modelo y ejecuta una prueba de modificación. La observación no se limita a comprobar que la forma siga visible: debe examinarse si la modificación conserva la función prevista y si las operaciones permanecen comprensibles para una persona que no construyó el archivo.

Un ejercicio más avanzado puede incorporar configuraciones alternativas de un mismo soporte. Las opciones compartirían funciones básicas, pero variarían espesor, posición de refuerzos o accesibilidad de montaje. El estudiante necesita reconocer qué parámetros pueden modificarse de manera independiente y cuáles dependen de restricciones del conjunto. Una comparación de masa o desplazamiento se interpreta solo después de verificar que las configuraciones responden a condiciones equivalentes.

Tabla 2. Criterios de aceptación en el proceso CAD–CAE–CAM

Etapa	Pregunta de control	Registro esperado
CAD	¿Las dimensiones tienen función?	Plano y árbol paramétrico
CAE	¿Las cargas y apoyos son defendibles?	Modelo y verificación de resultados
CAM	¿El proceso es viable y seguro?	Hoja de proceso y condiciones
Inspección	¿Cumple tolerancias previstas?	Mediciones y decisión

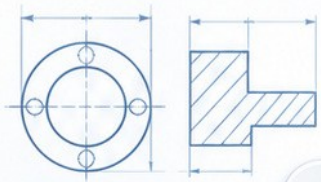
Nota. Elaboración propia para organización académica de proyectos.

La Tabla 2 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso.

La Figura 5 relaciona la información expresada en los planos con las tolerancias, los ajustes y los instrumentos utilizados para verificar una pieza.

Figura 5.

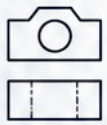
Interpretación de planos, **tolerancias y metrología**



Lectura de planos

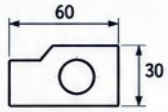
Interpreta la información técnica del plano para comprender la forma, dimensiones, requisitos y fabricación de la pieza.

Vistas



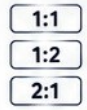
Representaciones ortogonales (frontal, superior, lateral) que describen la pieza.

Cotas



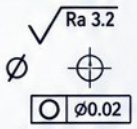
Dimensiones numéricas que definen el tamaño y la ubicación de los elementos.

Escalas



Relación entre el tamaño del dibujo y el tamaño real de la pieza.

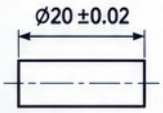
Simbología



Convenciones normalizadas que indican acabados, referencias, procesos y requisitos especiales.

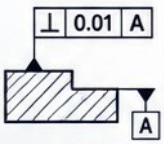
Tolerancias

Establecen la variación permitida en dimensiones, forma, orientación o posición, asegurando la funcionalidad, el intercambio y la calidad de la pieza.



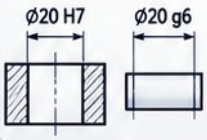
Tolerancia dimensional

Variación permitida en una cota. Ej.: Ø20 ±0.02 (19.98–20.02 mm).



Tolerancia geométrica

Controla la forma, orientación, ubicación o batimiento. Ej.: perpendicularidad de 0.01 mm respecto a A.



Ajuste

Relación dimensional entre dos piezas (agujero y eje) que define su ensamble. Ej.: H7/g6 (ajuste con juego pequeño).



Metrología

Conjunto de técnicas e instrumentos para medir y verificar dimensiones, formas y tolerancias, garantizando la conformidad de la pieza con el plano.



Pie de rey

Instrumento versátil para medir longitudes exteriores, interiores y profundidades. Resolución típica: 0.02 mm.



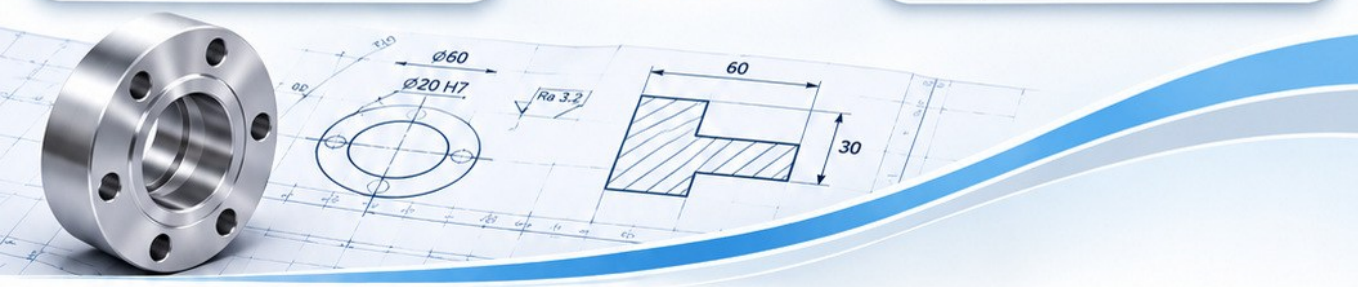
Micrómetro

Mide con alta precisión espesores y diámetros (exteriores e interioros). Resolución típica: 0.001 mm.



Reloj comparador

Detecta pequeñas variaciones dimensionales, de forma o alineación (desviaciones). Resolución típica: 0.001 mm.



Nota. La correcta interpretación de planos y mediciones respalda la calidad en el diseño y la fabricación mecánica.

La intención paramétrica se reconoce cuando el modelo admite modificaciones previstas sin perder relaciones esenciales. Un conjunto de perforaciones situado respecto de un eje funcional debería conservar esa dependencia al cambiar dimensiones exteriores. Si las perforaciones fueron ubicadas mediante valores independientes, la modificación podría desalinearlas. En el aula, comparar ambas estrategias permite estudiar jerarquía geométrica y relaciones de montaje. La calidad del diseño no se confunde con el número de operaciones que aparecen en el historial del software.

La revisión del árbol de construcción puede utilizarse como evidencia de razonamiento. Cada operación importante necesita un propósito identificable: definir un volumen, conservar una simetría, alojar un elemento o establecer una interfaz. Un estudiante que explica por qué eligió determinadas referencias muestra un dominio distinto de quien reproduce una secuencia memorizada. La evaluación también puede incluir una prueba de cambio, como modificar el espesor de una placa y comprobar si la geometría mantiene sus condiciones funcionales.

La transición entre modelos individuales y ensamblajes introduce nuevas preguntas. La interferencia entre piezas no es únicamente una cuestión visual; puede afectar el montaje, el movimiento relativo o la posibilidad de efectuar mantenimiento. Una actividad formativa puede solicitar la identificación de grados de libertad y la revisión de superficies de contacto antes de aplicar restricciones automáticas. El objetivo es que cada relación digital represente una condición física razonable y que las excepciones queden documentadas.

2.3. Análisis CAE: hipótesis, malla y validación

El análisis asistido por computadora requiere que el estudiante defina primero la pregunta física. Puede interesar la deformación máxima, la distribución de temperaturas o una frecuencia natural. Elegir una variable de interés evita producir mapas de colores sin un criterio de aceptación. Antes de ejecutar el cálculo conviene identificar las propiedades materiales, las condiciones de carga, los apoyos y las idealizaciones geométricas. Una simulación no corrige un modelo conceptual mal planteado.

La discretización introduce una aproximación. Refinar una malla puede mejorar ciertas predicciones, pero también aumentar el costo computacional sin resolver un error en las condiciones de frontera. En la enseñanza resulta apropiado comparar resultados obtenidos con dos o más niveles razonables de discretización y explicar qué magnitud se mantiene estable. También ayuda contrastar órdenes de magnitud con soluciones analíticas simplificadas. El estudiante debe aprender a desconfiar de la precisión aparente cuando las incertidumbres del sistema son mayores.

Los entornos que integran topología, diseño y manufactura muestran la utilidad de un ciclo completo. Afify et al. (2024) describen un marco de laboratorio basado en CAD, CAE y CAM que incorpora optimización topológica y fabricación aditiva. Su aportación pedagógica radica en hacer visibles las relaciones entre decisiones de modelado, restricciones productivas y evaluación técnica. La aplicación en otras asignaturas debe considerar el nivel previo del alumnado y las características del equipo disponible.

La validación de un modelo CAE debe comenzar antes de ejecutar el solucionador. La primera pregunta es qué comportamiento interesa estimar y qué simplificación permite representarlo. Un soporte puede analizarse inicialmente como viga y después como sólido tridimensional. Ninguno de los enfoques es universalmente superior. La elección depende de la geometría, la distribución de cargas y el nivel de detalle necesario para decidir. La enseñanza debe hacer visibles esas condiciones y exigir una justificación breve.

Las condiciones de frontera merecen una revisión independiente. En una pieza real, una unión atornillada puede transmitir esfuerzos de forma distinta a un empotramiento ideal. El estudiante debería identificar dónde existe contacto, qué movimientos están restringidos y qué incertidumbres introduce la representación. Un resultado aparentemente razonable puede cambiar considerablemente si el apoyo se modifica. Esta sensibilidad no constituye un defecto del programa; revela la importancia física de una hipótesis.

El estudio de convergencia puede enseñarse sin convertirlo en un ritual de producir mallas cada vez más finas. Se selecciona

una magnitud relevante, se mantienen constantes los demás parámetros y se comparan niveles de discretización razonables. Si la respuesta se estabiliza, el grupo explica qué confianza adicional aporta esa observación. Si no lo hace, deben revisarse la geometría, las singularidades locales y el tipo de resultado analizado antes de atribuir el comportamiento a un simple problema de capacidad computacional.

La relación con manufactura amplía el juicio. Una alternativa que parece favorable por resistencia puede resultar difícil de mecanizar o inspeccionar. De modo inverso, un cambio destinado a facilitar la fabricación puede modificar concentraciones de esfuerzo. La integración entre herramientas requiere volver a evaluar el diseño cuando cambian las restricciones productivas. Las experiencias educativas que articulan CAD, CAE y CAM permiten discutir esta iteración sin confundir el éxito de una simulación con la aceptación final de la pieza (Afify et al., 2024).

Antes de confiar en una simulación, el estudiante debe distinguir la magnitud solicitada de las representaciones disponibles. Un mapa de desplazamientos puede ser visualmente claro y, sin embargo, insuficiente para decidir sobre tensiones

locales. También es posible que el máximo calculado aparezca en una singularidad idealizada, lejos de representar una falla material verificable. La interpretación exige revisar qué variable fue solicitada, dónde resulta significativa y cómo se definieron las condiciones del modelo.

La comprobación de equilibrio constituye una primera defensa contra resultados engañosos. Si el modelo recibe una carga determinada, las reacciones y trayectorias de esfuerzo deben mostrar coherencia con esa condición. Una estimación analítica sencilla puede revelar errores de unidad, dirección o magnitud antes de estudiar distribuciones detalladas. El docente puede solicitar que cada grupo anticipe el orden de magnitud esperado y explique las discrepancias. Esta actividad convierte el cálculo numérico en una prueba de hipótesis físicas.

El refinamiento de malla requiere una pregunta específica. No basta comparar imágenes coloreadas producidas con distintas discretizaciones. Es necesario seleccionar una respuesta relevante, registrar cómo cambia y discutir si las diferencias afectan la decisión técnica. Un aumento de elementos no corrige una restricción mal elegida ni reemplaza la revisión del contacto.

Las conclusiones del ejercicio deberían indicar qué aspectos fueron examinados y qué incertidumbres siguen asociados al modelo.

La enseñanza puede incorporar una comparación entre versiones de análisis. Una modificación geométrica destinada a reducir masa podría desplazar las regiones críticas o dificultar la fabricación. El estudiante tendría que contrastar su nuevo modelo con el requisito original y explicar si la mejora en una magnitud implica pérdidas en otra. Así se evita interpretar la optimización como una respuesta automática. La integración de diseño, cálculo y manufactura documentada en experiencias educativas ofrece un marco para estas discusiones (Afify et al., 2024).

2.4. CAM, mecanizado y fabricación aditiva

Un proceso de manufactura requiere convertir una intención geométrica en operaciones físicas. En mecanizado, el estudiante debe considerar fijación, accesibilidad, secuencia de herramientas, velocidades, avances y retirada de material. La simulación de trayectorias ayuda a anticipar colisiones, pero no sustituye la comprensión del comportamiento real de máquina,

herramienta y pieza. Por ello, las actividades deben relacionar códigos y trayectorias con sus consecuencias medibles en acabado, tiempo y seguridad.

La fabricación aditiva resulta especialmente útil para materializar geometrías que permiten comparar alternativas de diseño. No obstante, el proceso exige estudiar orientación, soportes, anisotropía, tolerancias y posprocesado. Un componente impreso no debe evaluarse como equivalente a uno mecanizado únicamente porque sus dimensiones externas sean parecidas. Las propiedades mecánicas pueden variar según el material y el proceso. Guvendiren (2026) documenta un curso que integra enseñanza y laboratorio de impresión 3D, mientras To et al. (2025) examinan perspectivas de estudiantes y docentes para incorporarla al currículo.

La articulación entre diseño y fabricación facilita que aparezcan preguntas nuevas. Una pared puede ser suficientemente rígida en el modelo y difícil de producir con el equipo disponible. Una pieza fabricada sin error visible puede requerir inspección dimensional antes de ser utilizada. Las experiencias de proyectos en manufactura que describen Guo (2025) y Prabhu et al. (2025)

permiten discutir cómo documentar estas decisiones y evitar que el producto final se convierta en el único indicador del aprendizaje.

En manufactura, una operación debe comprenderse como transformación física de una pieza. Para planificar un proceso de mecanizado, el estudiante identifica primero las superficies funcionales y su relación con la sujeción. Después considera la secuencia de operaciones, el acceso de la herramienta y las verificaciones intermedias. La programación de trayectorias adquiere sentido cuando responde a esas decisiones. Un archivo ejecutable no garantiza que la operación sea segura ni que produzca la calidad requerida.

El análisis puede partir de un componente simple con taladros, una superficie plana y un alojamiento cilíndrico. Se pide proponer dos secuencias posibles y justificar cuál reduce cambios de sujeción o facilita la inspección. No hace falta simular tiempos industriales precisos sin datos reales de máquina. La comparación puede ser cualitativa y sustentarse en restricciones reconocibles. Más adelante se incorporan velocidades, avances

y condiciones de corte utilizando la información técnica correspondiente al equipo disponible.

obtener para una selección profesional.

Figura 6. Ciclo de decisión en el diseño mecánico



Nota. Esquema original de conexiones entre especificación, modelado y comprobación.

La Figura 6 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse. El contraste entre procesos debe incluir la escala de producción. Una geometría compleja puede justificar un

método de fabricación para un prototipo, mientras otro proceso resulta razonable para una serie. También influyen acabados, tolerancias y necesidades de posprocesado. En el aula se pueden comparar alternativas bajo requisitos declarados sin asignar costos inventados. Lo importante es que el estudiante identifique qué información económica y técnica necesitaría

La preparación de manufactura comienza con superficies funcionales y restricciones de sujeción. Una pieza puede requerir varias orientaciones de mecanizado, pero cada cambio introduce oportunidades de desalineación y tiempo adicional. En un ejercicio académico conviene solicitar una secuencia de operaciones argumentada, antes de introducir parámetros de máquina. El estudiante distingue entonces lo que depende de la geometría de aquello que exige consultar herramientas, materiales y condiciones de corte específicas.

La fabricación aditiva aporta una oportunidad clara para examinar la relación entre diseño y proceso. La orientación de una pieza puede modificar la necesidad de soportes, la calidad superficial y la resistencia en determinadas direcciones. Un prototipo obtenido por impresión no demuestra necesariamente el

comportamiento de un componente final fabricado con otro material. Esa diferencia debe aparecer en el informe de validación. La comparación resulta formativa cuando explicita qué propiedad se ha comprobado y cuál continúa siendo una hipótesis.

La inspección no debería reservarse para el último momento. Si el diseño exige medir una superficie inaccesible después del ensamblaje, la secuencia de fabricación y control necesita revisarse. Un plan de proceso puede señalar qué cotas se verifican en cada etapa y qué instrumentos son apropiados. Esta relación entre manufactura y metrología evita interpretar la calidad como un número final sin historia. También muestra que una tolerancia dibujada debe acompañarse de una estrategia viable para demostrar su cumplimiento.

2.5. Selección de materiales y mejora iterativa del diseño

La selección de un material comienza al reconocer las condiciones de servicio: carga, temperatura, corrosión, desgaste, vida útil y posibles modos de falla. Después pueden incorporarse restricciones de disponibilidad, costo y tratamiento. En una

práctica didáctica, comparar dos materiales obliga a definir qué propiedad resulta decisiva. El material más resistente no siempre es el más adecuado si introduce una masa innecesaria o dificulta el mantenimiento del sistema.

La mejora iterativa necesita criterios claros. Cuando el estudiante cambia una geometría, debe registrar la hipótesis que motiva la modificación y volver a comprobar la variable crítica. La optimización sin restricciones puede producir soluciones elegantes pero imposibles de fabricar o inspeccionar. Una comparación justa requiere mantener visibles los supuestos y reconocer cuándo las alternativas no fueron evaluadas bajo condiciones equivalentes.

Unzueta y Eguren (2023) integran proyectos y diseño de experimentos mediante impresión 3D, lo que permite discutir cómo una variación controlada ayuda a aprender de un prototipo. La enseñanza puede adaptar esa lógica a componentes sencillos mediante registros de dimensiones, cargas y comportamiento. No se necesita inventar resultados numéricos para mostrar el procedimiento: basta definir qué datos habría que reunir, cómo se organizarían y qué decisión podrían sustentar.

La selección de materiales comienza por describir los mecanismos que podrían comprometer la función. Para un eje rotatorio, por ejemplo, la resistencia estática puede no ser suficiente si existen cargas repetidas. Para un componente expuesto a humedad, la corrosión y el mantenimiento pueden modificar la decisión. El estudiante debe aprender a reconocer cuáles propiedades de una ficha técnica corresponden a las condiciones de servicio y cuáles no pueden trasladarse sin una comprobación adicional.

Los criterios de comparación pueden expresarse en una matriz, pero su ponderación requiere argumentación. Una propuesta que asigna el mismo peso a costo, masa y seguridad puede resultar inadecuada cuando existe riesgo para personas. Conviene distinguir requisitos que no admiten compensación de características donde sí pueden negociarse ventajas. Un material que incumple una condición crítica no debería seleccionarse únicamente por obtener una puntuación global favorable en otros aspectos.

La revisión ambiental puede incorporarse desde esta etapa sin convertirla en una afirmación genérica de sostenibilidad. El

alumnado puede identificar consumo estimado de material, posibilidades de reparación, vida útil prevista y tratamientos requeridos, señalando cuál información necesitaría un análisis formal de ciclo de vida. Esta aproximación enseña a formular preguntas relevantes sin atribuir impactos numéricos que no han sido calculados. La decisión final puede reconocer compromisos entre desempeño, fabricación y mantenimiento.

La selección de materiales debe comenzar por el mecanismo físico que condiciona el servicio. Una pieza sometida a carga estática y un eje que trabaja con esfuerzos alternantes no requieren exactamente la misma comparación. En el primer caso puede ser central la resistencia y la deformación; en el segundo cobran relevancia las concentraciones de esfuerzo, la vida a fatiga y las condiciones superficiales. Una ficha técnica adquiere sentido cuando sus propiedades se relacionan con una pregunta de diseño formulada previamente.

Los valores publicados de propiedades necesitan condiciones de interpretación. El mismo material puede presentar respuestas distintas según tratamiento, proceso y orientación de fabricación. Por ello, comparar una cifra aislada con otra no garantiza una

decisión adecuada. El estudiante debería registrar procedencia, unidades y condiciones de ensayo de los datos consultados. Si la información disponible no permite estimar el comportamiento en servicio, corresponde establecer la necesidad de una comprobación adicional, en lugar de completar la tabla con valores supuestos.

La mejora iterativa puede trabajarse mediante cambios limitados y trazables. Al modificar una sección transversal, por ejemplo, conviene anticipar su efecto sobre masa, rigidez y facilidad de manufactura. Después se contrastan los resultados de manera consistente, manteniendo explícitas las cargas y restricciones. Si varias variables cambian simultáneamente, será más difícil explicar la causa de una mejora aparente. El procedimiento enseña a aprender de cada versión sin convertir el rediseño en una sucesión de tanteos.

Conclusiones de la unidad 2

El diseño mecánico debe enseñarse como un ciclo de decisiones revisables, no como una sucesión de pantallas. Esta unidad ha situado la necesidad funcional antes de la geometría y

la validación antes de la aceptación de una solución. La visualización digital es una herramienta poderosa, aunque no sustituye la interpretación de cargas, materiales, interfaces y restricciones. Una pieza tridimensional puede comunicar con gran claridad su forma y, al mismo tiempo, ocultar información esencial sobre su fabricación o su resistencia. La formación técnica requiere que esa diferencia sea comprendida desde los primeros ejercicios.

La traducción de necesidades a especificaciones permite establecer una primera exigencia de trazabilidad. Si el diseño pretende soportar una carga, transmitir movimiento o mantener una temperatura, debe identificarse qué valor o condición demostrará que la función se cumple. El requisito no debería aparecer al final, cuando la geometría ya está decidida. Incorporarlo desde el comienzo reduce la tendencia a justificar retrospectivamente una solución elegida por preferencia. También ayuda a detectar especificaciones incompatibles y a discutir cómo resolverlas sin recurrir a supuestos ocultos.

El modelado paramétrico puede convertirse en una estrategia de razonamiento. Las relaciones geométricas, las restricciones y

el orden de operaciones expresan una intención. Un archivo cuya modificación destruye propiedades relevantes revela dificultades de organización incluso cuando la forma inicial era correcta. Por ello, la evaluación de CAD necesita valorar la consistencia del modelo y su estabilidad ante cambios. La destreza operativa es necesaria, pero solo adquiere profundidad cuando el estudiante puede explicar las dependencias que ha establecido y las razones de su elección.

El análisis CAE exige una formación crítica frente a la precisión aparente. Los mapas de colores y los valores numéricos de numerosas cifras pueden inducir confianza excesiva si no se examinan apoyos, cargas, propiedades materiales y malla. Una validación razonable incorpora comprobaciones dimensionales, contraste con aproximaciones analíticas y, cuando corresponde, comparación con resultados experimentales. Ninguno de estos procedimientos garantiza infalibilidad. Su valor reside en identificar errores probables y delimitar las condiciones en que una predicción puede utilizarse para decidir.

El tránsito hacia la manufactura obliga a revisar decisiones previas. Los procesos sustractivos, aditivos y de conformado no

comparten todas las restricciones. La accesibilidad de una herramienta, la orientación de impresión, la anisotropía y las necesidades de posprocesado afectan el resultado. Resulta necesario evitar comparaciones simplificadoras que presenten una tecnología como siempre superior. La selección depende del material, la geometría, el volumen de producción y el nivel de desempeño exigido. Un estudiante debe poder fundamentar esa selección, aunque la institución no disponga de todos los equipos posibles.

La selección de materiales ha mostrado la importancia de vincular propiedades con condiciones de servicio. Un valor de resistencia tomado de una ficha no determina por sí mismo la vida útil de un componente. La temperatura, el ambiente, las cargas variables y los procesos aplicados pueden modificar el desempeño. La enseñanza debe ayudar a identificar qué información se conoce y qué ensayos o cálculos serían necesarios para ampliar la confianza en la decisión. El uso de tablas técnicas tiene sentido cuando va acompañado de una interpretación del origen y el alcance de los datos.

Las experiencias publicadas de integración CAD, CAE y CAM aportan recursos para diseñar secuencias universitarias; sus resultados no deben copiarse como recetas. El nivel de los estudiantes, los laboratorios disponibles y los objetivos institucionales condicionan su aplicación. Puede diseñarse una actividad útil con un componente sencillo si el estudiante formula especificaciones, explica un modelo, contrasta alternativas y documenta restricciones. El aprendizaje no se mide por la cantidad de programas informáticos utilizados, sino por la calidad del razonamiento que articula sus salidas.

La conclusión respecto del objetivo de esta unidad es que el diseño se aprende al sostener una cadena verificable de decisiones. Una buena formación permite transformar una necesidad en especificaciones, representar una solución, analizar su comportamiento, prever su fabricación y reconocer qué pruebas faltarían para aceptarla. También debe enseñar a comunicar incertidumbres, corregir errores y conservar la trazabilidad de versiones. Así, el archivo final deja de ser el centro exclusivo del curso y pasa a formar parte de una argumentación técnica que puede ser revisada, discutida y mejorada.

UNIDAD 3. Experimentación, metrología y laboratorios de ingeniería mecánica

La experimentación ocupa un lugar particular en la enseñanza de ingeniería mecánica. Frente a un fenómeno real, el estudiante descubre que las condiciones descritas en un problema académico rara vez se presentan con exactitud perfecta. Un apoyo tiene holgura, un instrumento presenta una resolución limitada, una superficie genera fricción y una temperatura fluctúa durante el ensayo. Estos elementos no deben introducirse como molestias que impiden obtener el valor esperado. Son parte del conocimiento que un ingeniero necesita para juzgar la confiabilidad de un resultado.

El laboratorio no comienza cuando se enciende un equipo. Antes es necesario delimitar una pregunta, definir variables y anticipar la forma de registrar la información. Una práctica que entrega todos los pasos sin explicar sus razones puede ejercitar habilidades operativas, pero ofrece pocas oportunidades para que el estudiante formule decisiones. Tampoco resulta razonable pedirle que improvise con máquinas o fluidos bajo condiciones potencialmente peligrosas. El diseño didáctico debe preservar

procedimientos seguros y abrir espacios de elección donde el riesgo esté controlado.

Las competencias metrológicas incluyen seleccionar instrumentos, reconocer su rango de trabajo y considerar calibración, resolución, repetibilidad e incertidumbre. La diferencia entre exactitud y precisión suele enseñarse con diagramas abstractos; puede comprenderse mejor mediante series de medidas sobre una misma dimensión, siempre que se expliquen las condiciones del ejercicio. El registro de datos no debería perseguir una coincidencia artificial con un valor teórico. La discrepancia aporta información cuando se examinan las hipótesis del modelo y la calidad de la medición.

En mecánica de sólidos, los ensayos de tracción, flexión o torsión permiten confrontar relaciones entre esfuerzo y deformación. En fluidos y energía aparecen además pérdidas, transferencias y estados que cambian durante la operación. En vibraciones se observan señales cuya interpretación requiere cuidar frecuencia de muestreo, apoyo del sensor y condiciones de excitación. Cada especialidad utiliza instrumentos distintos, pero comparte una lógica de trabajo: formular una previsión,

obtener evidencia, revisarla y reconocer lo que todavía no puede concluirse.

Los laboratorios virtuales y remotos amplían el repertorio de experiencias. Pueden ser especialmente útiles para repetir maniobras, explorar parámetros y preparar decisiones antes de utilizar equipos reales. Sin embargo, es necesario identificar qué habilidades no pueden demostrarse completamente frente a una pantalla, como sujetar un componente, percibir una vibración, conectar un instrumento con seguridad o reaccionar ante una condición inesperada. La literatura reciente compara configuraciones de realidad virtual, portátil, laboratorios híbridos y simulación; la contribución depende del tipo de tarea y de los criterios de evaluación, no solo de la inmersión visual.

La experimentación también puede vincularse con investigación formativa. El estudiante no necesita producir un descubrimiento original para aprender a definir variables, justificar una medición y presentar una discusión de resultados. La elaboración de informes técnicos con tablas claras, fuentes identificables y distinción entre datos e interpretación constituye una preparación relevante para el trabajo profesional. Es

conveniente que el informe explique qué se midió y qué puede sostenerse, en vez de limitarse a confirmar conclusiones previstas desde el comienzo.

Esta unidad desarrolla criterios de organización aplicables a laboratorios de materiales, dinámica, energía y control. La incorporación de plataformas digitales se valora de acuerdo con el aprendizaje buscado y la disponibilidad institucional. La finalidad es convertir el ensayo en una práctica de pensamiento crítico, con condiciones de seguridad y trazabilidad que permitan discutir tanto los resultados como sus límites.

Objetivo de aprendizaje

Planificar y analizar experiencias experimentales de mecánica que integren procedimientos seguros, medición, incertidumbre y contraste con modelos físicos y digitales.

Desarrollo de la unidad

3.1. Diseño del experimento, variables y trazabilidad

La preparación de una práctica comienza con una pregunta que pueda responderse a partir de observaciones. “Analizar un

sistema de vibración" resulta impreciso; "comparar la frecuencia estimada mediante un modelo simplificado con la registrada por un sensor" delimita un propósito evaluable. Después deben identificarse las variables de entrada, las magnitudes medidas y las condiciones que conviene mantener estables. La hipótesis es útil cuando puede contrastarse, no cuando funciona como una frase ceremonial en el informe.

La trazabilidad experimental depende de un registro suficientemente detallado. Fecha, equipo, versión del procedimiento, configuración del sistema, condiciones ambientales y persona responsable pueden resultar relevantes para repetir una medición. Si el estudiante modifica una posición de sensor o sustituye un componente, el informe debe permitir reconocerlo. No todos los detalles afectan por igual el resultado; el aprendizaje consiste precisamente en valorar cuáles pueden cambiar la interpretación.

La investigación formativa ayuda a considerar los datos como evidencia que requiere examen. Kafadarova et al. (2026) documentan una experiencia de aprendizaje basado en investigación en un curso de ingeniería. Ese enfoque resulta útil

para distinguir una práctica de demostración de una pequeña indagación experimental. En ambos casos deben preservarse la seguridad y los criterios de calidad; lo que cambia es el grado de autonomía para formular la pregunta y decidir cómo obtener la información.

El protocolo experimental debe permitir entender qué relación se intenta estudiar. Si un grupo desea analizar vibraciones, necesita distinguir la variable que modifica, la respuesta que observa y las condiciones mantenidas constantes. La descripción de un equipo no sustituye esa definición. Un propósito suficientemente preciso facilita elegir sensores, intervalos de registro y representación de los datos. También permite anticipar qué comportamiento sería incompatible con la hipótesis de partida.

La fase preparatoria puede incluir una revisión de riesgos y un ensayo en vacío cuando el manual del laboratorio lo contemple. En equipos rotativos, térmicos o de carga, la elección de velocidades y niveles de esfuerzo no debe quedar a la improvisación. La autonomía del estudiante puede ejercerse en decisiones compatibles con los procedimientos autorizados,

como establecer el orden de observaciones o proponer una comparación analítica. La seguridad constituye una condición del método y no un obstáculo externo a la investigación.

El informe concluye vinculando pregunta y evidencia. Una gráfica puede describir una tendencia sin demostrar su causa; una diferencia entre predicción y medición puede apuntar a un límite del modelo sin identificarlo por completo. La discusión debe separar lo observado de las explicaciones plausibles y proponer, cuando corresponde, una prueba adicional. Ese ejercicio de interpretación convierte una práctica programada en una experiencia de investigación formativa con alcance declarado.

La Figura 7 ordena el trabajo experimental desde la pregunta inicial hasta el análisis de resultados e incluye las decisiones de instrumentación y seguridad.

Un ensayo bien formulado posee una pregunta cuya respuesta depende de observaciones identificables. En un banco de vibraciones puede interesar cómo cambia la frecuencia registrada al modificar una condición de rigidez, pero no bastaría describir el equipo. Es preciso definir la configuración, la variable modificada, la magnitud de respuesta y las condiciones que permanecerán

estables. Esa definición orienta la selección de instrumentos y evita acumular datos que después no pueden relacionarse con el problema.

La trazabilidad empieza antes de medir. La bitácora debe permitir reconstruir la identificación del equipo, la versión del procedimiento, la configuración de los sensores y las condiciones de operación. En un ejercicio didáctico, esos campos pueden mantenerse breves, siempre que contengan información verificable. Cuando se reemplaza una pieza o cambia el punto de adquisición, el registro debe reflejarlo. De otro modo, una diferencia entre series podría atribuirse erróneamente al fenómeno estudiado.

La repetición experimental necesita una justificación vinculada con la variabilidad esperada. Medir varias veces no equivale a obtener automáticamente mayor validez si el instrumento está desajustado o el procedimiento introduce un sesgo constante. El docente puede proponer que los estudiantes identifiquen fuentes plausibles de dispersión antes de analizar los resultados.

Figura 7.

Secuencia de experimentación en el laboratorio de mecánica

Pregunta experimental

Define con claridad qué se quiere conocer o comprobar sobre el comportamiento mecánico del sistema, material o componente.

Hipótesis

Propone una explicación tentativa y verificable del fenómeno, estableciendo la relación esperada entre las variables.

Montaje e instrumentación

Configura el ensayo en el banco de pruebas, selecciona el espécimen, calibra e integra los sensores (por ejemplo, carga, desplazamiento y deformación), y verifica las condiciones de seguridad.

Seguridad: usa EPP, revisa resguardos y sigue el protocolo del laboratorio.

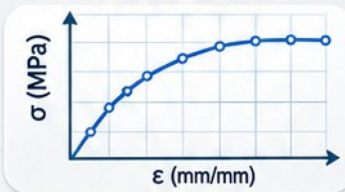
Adquisición de datos

Ejecuta el ensayo y registra de forma controlada las señales de los sensores (p. ej., fuerza, desplazamiento, deformación y tiempo) con un sistema de adquisición.

Carga (F) | Desplazamiento (Δ) | Deformación (ε)

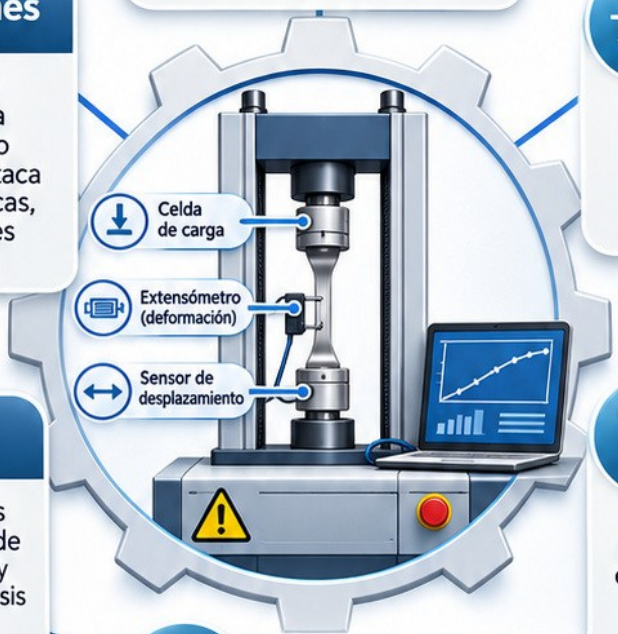
Análisis

Procesa y representa los datos (gráficas y cálculo de parámetros relevantes) y los contrasta con la hipótesis y la teoría, evaluando la consistencia y la incertidumbre.



Conclusiones

Integra los hallazgos, responde la pregunta experimental, valida o refuta la hipótesis y destaca sus implicaciones técnicas, limitaciones y posibles mejoras del ensayo.





Nota. La experimentación transforma la observación en evidencia técnica, al generar datos medibles, trazables y analizables que permiten comprender, validar y mejorar el desempeño mecánico.

3.2. Metrología, repetibilidad e incertidumbre

Un instrumento no entrega una verdad libre de condiciones. Posee un intervalo de medición, una resolución, una calibración y una respuesta que pueden afectar el dato. Las prácticas introductorias deben enseñar al estudiante a distinguir el número mostrado de la confianza razonable que puede depositarse en él. Una lectura con más decimales no implica necesariamente mayor exactitud. La selección del instrumento debe considerar la magnitud, las tolerancias y la decisión técnica que dependerá del valor obtenido.

La repetibilidad describe qué tan próximos resultan los valores bajo condiciones definidas. Si una medición varía, corresponde examinar primero el procedimiento, la pieza, el entorno y el aparato. La incertidumbre no debe presentarse como sinónimo de equivocación personal. Es una expresión cuantificada de la duda que acompaña al resultado y depende de fuentes que deben identificarse. Cuando el laboratorio carece de información suficiente para estimarla formalmente, el informe debe declarar esa limitación en lugar de inventar valores.

La enseñanza puede proponer comparar tres instrumentos adecuados para una dimensión y discutir cuál permite tomar la decisión prevista. El propósito no sería obtener la cifra “más bonita”, sino reconocer la compatibilidad entre resolución, tolerancia y costo de medición. La documentación de cada procedimiento ayuda a explicar por qué dos equipos pueden informar valores distintos sin que esa diferencia pruebe por sí sola que uno está defectuoso.

Tabla 3. Plan mínimo de control de una práctica experimental

Momento	Control	Evidencia
Antes	Objetivo, variables y seguridad	Protocolo aprobado
Durante	Equipo, registro y condiciones	Bitácora con unidades
Después	Análisis e incertidumbre	Resultados reproducibles
Revisión	Confrontar modelo y medida	Discusión de discrepancias

Nota. Elaboración propia; adaptar a los riesgos y manual del laboratorio.

La Tabla 3 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso. La Figura 8 permite seguir la cadena de medición desde la

magnitud física hasta la comunicación del resultado con incertidumbre.

La selección del instrumento depende de la decisión que será tomada con la medición. Un calibre puede resultar adecuado para un control dimensional general y ser insuficiente para verificar una tolerancia especialmente estrecha. Antes de leer una escala, el estudiante debe determinar el rango necesario, la resolución disponible y la relación con el requisito funcional. Elegir el aparato de mayor número de dígitos no garantiza la mejor decisión, porque también intervienen calibración, condiciones de uso y método de contacto.

La estimación de incertidumbre demanda reconocer sus fuentes antes de aplicar fórmulas. Algunas contribuciones pueden provenir de la dispersión observada; otras, de la resolución o de certificados de calibración. El estudiante debe distinguir entre incertidumbre estándar y expandida cuando el curso alcance ese nivel. Ningún factor de cobertura debe elegirse mecánicamente sin explicar el propósito y las hipótesis. El resultado solo comunica confianza cuando sus componentes son rastreables.

En la cadena de adquisición digital también aparecen decisiones metrológicas. Un sensor transforma una magnitud en una señal; después intervienen acondicionamiento, conversión, registro y procesamiento. Las unidades pueden perderse o cambiar durante esas operaciones si la documentación es deficiente. Una actividad útil consiste en seguir una variable desde el elemento sensible hasta la gráfica final, identificando dónde se aplica una calibración y qué filtrado modifica la señal observada.

La selección de un instrumento tiene que responder a la tolerancia o al fenómeno que se desea estudiar. Un calibre puede resultar adecuado para una inspección preliminar y ser insuficiente para una característica dimensional más exigente. La elección no se fundamenta únicamente en el número de cifras de la pantalla. También intervienen el rango, la resolución, el estado de calibración y la técnica de contacto. La práctica docente debería exigir una justificación de compatibilidad entre la medición y la decisión prevista.

La distinción entre precisión, exactitud e incertidumbre se fortalece con series que presenten comportamientos diferentes.

Varias lecturas próximas entre sí pueden contener un sesgo importante respecto de una referencia; lecturas más dispersas pueden situarse alrededor de ella. El estudiante debe comprender qué puede deducirse de cada patrón y qué información adicional necesitaría para diagnosticarlo. No corresponde atribuir cualquier diferencia a un error humano sin examinar instrumento, método y condiciones ambientales.

La documentación metrológica requiere conservar unidades y reglas de redondeo coherentes con la capacidad real del procedimiento. Una diferencia aparentemente pequeña puede ser decisiva cuando la tolerancia es estricta, mientras un exceso de cifras decimales puede sugerir una confianza inexistente. Los ejercicios deberían pedir expresar un resultado con su incertidumbre cuando existan datos suficientes para estimarla. Si faltan certificados o especificaciones esenciales, esa ausencia debe declararse y no reemplazarse por una incertidumbre inventada.

La decisión de aceptación de una pieza merece un tratamiento separado de la lectura. Una dimensión cercana a un límite puede requerir considerar la incertidumbre y las reglas de decisión

adoptadas. El valor medido no se convierte automáticamente en una clasificación absoluta. Explicar esta diferencia conecta metrología con calidad de manufactura. Además, prepara al estudiante para comunicar resultados que otra persona pueda revisar, reproduciendo el razonamiento y no solo la cifra registrada en el instrumento.

Figura 8.

Cadena de medición e **incertidumbre experimental**



Nota. Una buena práctica de medición mejora la confiabilidad de las decisiones de ingeniería.

3.3. Materiales y resistencia: del modelo al ensayo

En un ensayo de tracción, una curva fuerza–desplazamiento expresa el comportamiento del sistema de prueba y de la probeta, no solo el del material. Interpretarla requiere conocer geometría, longitud de referencia y condiciones de aplicación de carga. El estudiante debe aprender a reconocer los pasos necesarios para convertir magnitudes medidas en esfuerzos y deformaciones, además de identificar qué hipótesis permiten comparar la curva con un modelo constitutivo sencillo.

Los ensayos de flexión, torsión o fatiga plantean preguntas diferentes. La distribución de tensiones depende de la geometría y de las condiciones de apoyo; la respuesta cíclica incorpora fenómenos que una comprobación estática no revela. Conviene vincular el ensayo con un cálculo previo y después analizar la discrepancia observada. Un resultado cercano no valida automáticamente todo el modelo; puede existir compensación entre errores o diferencias no detectadas.

Los entornos virtuales pueden preparar al estudiante para reconocer regiones críticas antes de manipular un equipo. Patrignani et al. (2026) proponen una metodología estructurada

de realidad virtual para enseñar mecánica estructural. Su pertinencia depende de que la visualización esté conectada con tareas de interpretación, no de que sustituya por completo la práctica material. En un currículo, el uso combinado puede reservar la interacción física para habilidades que realmente requieren contacto con instrumentos y muestras.

La interpretación de un ensayo de tracción comienza con la geometría de la probeta y la forma de aplicar la carga. El registro de fuerza no representa directamente una propiedad independiente de la sección; necesita transformarse mediante datos dimensionales y convenciones definidas. En el aula conviene reconstruir esa conversión paso a paso y explicar qué significado tiene la deformación calculada. Una curva presentada sin identificación de ejes, unidades y procedimiento ofrece evidencia insuficiente para caracterizar un material.

Una comparación entre respuesta elástica y comportamiento posterior puede apoyarse en un ejemplo didáctico, sin atribuir valores a un material específico. El estudiante identifica dónde un modelo lineal puede describir la relación entre esfuerzo y deformación y qué observaciones indicarían que deja de ser

apropiado. La discusión debe diferenciar un modelo simplificado, los datos registrados y los criterios utilizados para interpretarlos. Así se evita que una figura familiar sustituya la explicación física.

La relación entre laboratorio y simulación debe ser bidireccional. El modelo puede ayudar a anticipar zonas críticas y elegir puntos de observación; el ensayo puede revelar condiciones no representadas o parámetros que necesitan revisión. Ninguno de los dos procedimientos se valida por producir una imagen similar. La comparación gana calidad cuando identifica la magnitud contrastada, las condiciones equivalentes y la incertidumbre de cada resultado.

La preparación de un ensayo de tracción comienza por identificar qué información se obtendrá de la probeta y qué magnitudes registra realmente el equipo. La máquina puede entregar fuerza y desplazamiento, pero convertir esos datos en esfuerzo y deformación requiere conocer geometría y longitud de referencia. El estudiante debe distinguir el movimiento del sistema de ensayo de la deformación del tramo estudiado. Esa distinción impide interpretar cualquier curva como propiedad directa del material.

El análisis de una curva no debería limitarse a localizar un máximo numérico. Interesa examinar la región inicial, la respuesta posterior y los cambios asociados al comportamiento físico del material, siempre dentro de las condiciones del ensayo. Cuando el experimento tiene fines demostrativos, conviene señalar qué propiedades no pueden determinarse con rigor por falta de instrumentación o procedimiento. Esta cautela convierte la observación en aprendizaje sobre alcance del método, en lugar de presentar conclusiones más amplias que los datos disponibles.

La comparación con un modelo analítico exige reconocer simplificaciones. Una viga ideal puede suponer material homogéneo y apoyos definidos, mientras la muestra real incorpora holguras y variaciones geométricas. Antes de calcular un porcentaje de discrepancia, el estudiante identifica cuáles diferencias podrían alterar la respuesta. Una coincidencia cercana no valida todos los supuestos; una discrepancia amplia tampoco identifica por sí sola su causa. La discusión necesita ordenar explicaciones y señalar las comprobaciones que permitirían distinguirlas.

3.4. Fluidos, máquinas térmicas y transferencia de energía

La enseñanza de máquinas térmicas y de flujo de fluidos exige interpretar sistemas y fronteras con cuidado. La presión medida en una tubería depende de su ubicación y de las condiciones de operación; el rendimiento de un equipo requiere definir qué energía entra y cuál se considera aprovechable. En una actividad experimental, describir válvulas, caudales, temperaturas y estados es indispensable para explicar la medición. La lectura aislada de un sensor rara vez describe el funcionamiento completo.

Una práctica de pérdidas de carga puede organizarse mediante cambios controlados de caudal y registro de diferencias de presión, siempre dentro de las condiciones seguras del equipo. El objetivo es contrastar la tendencia observada con el modelo adecuado, no exigir coincidencia exacta. Las desviaciones invitan a revisar la presencia de accesorios, el régimen de flujo y las limitaciones de los sensores. En sistemas térmicos es igualmente necesario considerar pérdidas hacia el ambiente, inercias y periodos transitorios.

Pereira et al. (2025) presentan una experiencia de proyectos en fenómenos de transporte con enfoque de solución basada en la naturaleza. En educación técnica, este tipo de trabajo muestra que las decisiones sobre transferencia de masa o energía pueden situarse en problemas ambientales, sin abandonar fundamentos cuantitativos. Messina et al. (2026), por otra parte, examinan aplicaciones de realidad aumentada para enseñar máquinas de fluidos, lo que invita a distinguir la facilidad de visualizar una máquina de la capacidad de explicar su funcionamiento.

El análisis de un sistema de fluidos empieza por seleccionar una frontera física y definir qué magnitudes se observarán. En una instalación con tuberías, codos y válvulas, las lecturas de presión adquieren sentido cuando se conocen sus ubicaciones y el caudal correspondiente. Un registro aislado puede confundirse con una propiedad general del circuito. El docente puede pedir que se dibuje primero el sistema con los puntos de medición y después se discutan las pérdidas esperadas.

En máquinas térmicas, el balance energético depende de una delimitación clara del sistema y del periodo analizado. Una medición durante el arranque no representa necesariamente una

condición estacionaria. La actividad puede solicitar que el grupo identifique qué señales permitirían reconocer una fase de operación relativamente estable. La interpretación incluye pérdidas hacia el ambiente, acumulación de energía y diferencias entre potencia nominal y potencia efectivamente observada.

Los instrumentos de temperatura requieren también atención a su ubicación y respuesta temporal. Un sensor instalado sobre una superficie no mide automáticamente la temperatura promedio de todo el componente. El estudiante puede comparar configuraciones de medición y analizar qué información aporta cada una. La conclusión debe ser proporcional a la localización del sensor, al método de contacto y a la estabilidad del fenómeno. Esta forma de razonar evita confundir disponibilidad de datos con descripción completa del sistema.

Figura 9. Secuencia de decisión en una práctica de medición



Nota. Esquema original sobre trazabilidad experimental.

La Figura 9 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

Una práctica de fluidos debe comenzar con la identificación de fronteras y puntos de medición. El valor de presión obtenido antes de una válvula no representa necesariamente las condiciones aguas abajo, del mismo modo que una temperatura local no describe todo un equipo térmico. Para interpretar los registros

conviene elaborar un esquema del sistema que indique entradas, salidas y posiciones de sensores. La representación permite reconocer qué balance es pertinente y dónde podrían surgir diferencias respecto de un modelo ideal.

Los estados transitorios exigen especial atención. Durante el arranque de una máquina térmica, ciertas temperaturas pueden cambiar más rápido que otras. Comparar medidas tomadas en momentos distintos como si correspondieran a una condición estacionaria puede distorsionar la interpretación. El estudiante necesita establecer criterios para identificar intervalos de operación comparables. Cuando el equipo no alcanza estabilidad durante la sesión, el informe debe reconocerlo y discutir qué tipo de análisis sigue siendo defendible.

El estudio de pérdidas permite relacionar observación y eficiencia sin reducirse a sustituir números en una expresión. En una tubería, por ejemplo, la presencia de codos o cambios de sección puede alterar la caída de presión; en un sistema térmico, las transferencias no deseadas influyen en el balance. La práctica debería solicitar un inventario razonado de posibles pérdidas antes de interpretar discrepancias. Ese inventario no demuestra

causalidad, pero orienta comprobaciones y evita explicaciones improvisadas.

3.5. Vibraciones, control y laboratorios digitales

El análisis de vibraciones vincula el modelo matemático con señales que pueden variar por montaje, excitación y respuesta del sensor. Un registro temporal debe examinarse junto con la frecuencia de muestreo y la duración del ensayo. El estudiante puede comparar la frecuencia natural estimada con la observada, pero necesita considerar amortiguamiento, apoyos e idealizaciones. La gráfica no explica por sí misma la causa de una resonancia ni la confiabilidad de la identificación.

El uso de notebooks computacionales y simuladores puede favorecer la exploración de parámetros. Ledezma-Ramírez (2025) aborda un enfoque de proyectos mediante cuadernos Jupyter para dinámica estructural. Pintilie et al. (2026) describen un laboratorio virtual con Simscape para mecatrónica; Pataro et al. (2025) presentan un laboratorio virtual de control aplicado a un campo de colectores solares. Son propuestas de contextos

distintos, útiles para discutir la función de la simulación en la comprensión y la preparación de prácticas.

La revisión de e-learning desarrollada por Layedra et al. (2025) proporciona antecedentes para discutir la organización digital de actividades y sus límites. Las comparaciones entre plataformas deben atender a qué tarea se evalúa. Viitaharju et al. (2025) estudian diferencias de experiencia entre un laboratorio virtual en visor de realidad virtual y en computadora portátil. Guajardo-Cuéllar et al. (2025) examinan un laboratorio de realidad mixta para conceptos de control, mientras Sharifkhani et al. (2025) exploran implicaciones pedagógicas de entornos tridimensionales. Un aumento de inmersión puede mejorar ciertas experiencias, pero no equivale sin más a una mejora en precisión experimental o juicio profesional.

El estudio de vibraciones requiere relacionar la respuesta temporal con las propiedades físicas del sistema. Un pico en el espectro no identifica por sí solo el origen de una anomalía. La interpretación depende de la velocidad de operación, las condiciones de montaje y la ubicación del sensor. Antes de atribuir un comportamiento a resonancia o desbalance, el

estudiante debe explicar qué evidencias serían compatibles con cada hipótesis y cuáles todavía faltan.

La adquisición de señales introduce decisiones sobre frecuencia de muestreo, duración del registro y tratamiento de datos. Si se observa un fenómeno rápido con una frecuencia insuficiente, la señal almacenada puede representar de forma equivocada su contenido. El docente puede utilizar ejemplos sintéticos para mostrar este problema, dejando claro que no proceden de una máquina real. La finalidad es que el estudiante reconozca límites del procedimiento y documente los parámetros utilizados.

Los laboratorios virtuales y remotos necesitan propósitos delimitados. Un entorno digital puede facilitar repetición y exploración sin riesgos operativos directos, pero no comprueba necesariamente competencias de montaje, conexión o inspección física. La evaluación puede distinguir comprensión del fenómeno, manejo de información y ejecución segura de un procedimiento. Esta clasificación ayuda a asignar a cada modalidad una función defendible y evita afirmaciones generales sobre superioridad tecnológica.

La adquisición de vibraciones depende del modo en que se obtiene la señal. Un acelerómetro fijado de manera inadecuada puede introducir respuestas asociadas al montaje y no exclusivamente al sistema estudiado. La posición del sensor, la orientación y las condiciones de excitación deberían registrarse antes del análisis. Un curso puede comparar dos configuraciones controladas para mostrar que la calidad de la medición no depende solamente del programa empleado para representar la curva temporal.

La frecuencia de muestreo merece una explicación física y no solo informática. Una señal digital es una representación discreta que puede perder información cuando el intervalo de adquisición no corresponde a las frecuencias de interés. El estudiante debería justificar la elección del registro y reconocer cuándo aparecen limitaciones de resolución temporal o espectral. La visualización de un pico no basta para afirmar que se ha identificado una frecuencia natural; también importan el tipo de excitación y la respuesta del sistema.

Los laboratorios virtuales permiten ensayar cambios de parámetros sin poner en riesgo equipos. Pueden ser útiles para

anticipar tendencias, explorar sensibilidad y comparar modelos antes de una práctica presencial. No obstante, los resultados digitales dependen de los supuestos incorporados en la herramienta. Una actividad formativa puede pedir que el estudiante enumere qué fenómenos incluye el simulador y cuáles quedan idealizados. Esa comparación fortalece la lectura crítica de la tecnología y evita confundir facilidad de interacción con validez experimental.

Conclusiones de la unidad 3

La experimentación constituye una vía para comprender cómo se comportan los sistemas mecánicos cuando sus condiciones no coinciden exactamente con los supuestos de un problema. La tercera unidad ha mostrado que el laboratorio adquiere valor formativo cuando organiza una relación entre pregunta, procedimiento, registro y juicio. Manipular equipos no garantiza aprendizaje profundo; tampoco la ausencia de equipamiento impide toda experiencia significativa. La cuestión decisiva es qué aspecto del fenómeno puede observarse y qué razonamiento se exige para interpretar lo observado.

La preparación del ensayo debe incluir objetivos delimitados y condiciones de seguridad. Un estudiante necesita reconocer la variable de interés, los factores que podrían modificarla y los límites de operación del aparato. No todas las decisiones deben quedar abiertas. Las maniobras que implican riesgo requieren instrucciones y supervisión; otras, como seleccionar intervalos de registro o proponer una comparación, pueden ofrecer espacios controlados de autonomía. La calidad del laboratorio depende de ese equilibrio entre exploración y responsabilidad.

La metrología aporta una lección transversal: el dato medido siempre está vinculado con un instrumento y un procedimiento. Reconocer resolución, rango y calibración permite interpretar lo que significa una lectura. La repetibilidad y la incertidumbre deben explicarse sin convertirlas en obstáculos puramente matemáticos. Si los valores varían, el estudiante necesita examinar posibles fuentes de dispersión y establecer qué puede concluir con la información disponible. Un resultado expresado con más decimales no es necesariamente más confiable, y una desviación del valor esperado no es prueba automática de fracaso.

En ensayos de materiales, la conexión entre modelo y prueba resulta especialmente fértil. Una curva de carga y desplazamiento necesita una interpretación que considere geometría y condiciones de ensayo; una comparación de tensiones exige reconocer qué magnitud fue registrada y qué conversión se aplicó. La práctica debe abrir oportunidades para revisar las hipótesis de una solución analítica. Una predicción próxima al ensayo puede coexistir con supuestos débiles; por ello, la discusión no debe terminar en un porcentaje de diferencia calculado sin contexto.

Las experiencias de fluidos y energía obligan a observar fronteras, pérdidas y estados transitorios. Las lecturas de presión o temperatura adquieren significado cuando se relacionan con el sistema, las entradas y las salidas. La misma magnitud puede variar por posición o por régimen de funcionamiento. En vibraciones, el comportamiento depende además de la excitación, los apoyos y la adquisición de señales. Zhao et al. (2026) examinan la integración de sostenibilidad y aprendizaje basado en problemas en una asignatura de vibraciones mecánicas, recordando la importancia de vincular criterios técnicos con

consecuencias ambientales. Estas particularidades justifican protocolos diferenciados, aunque todas las prácticas compartan principios de registro y análisis de calidad.

Los laboratorios virtuales, remotos y mixtos ofrecen oportunidades que merecen una evaluación cuidadosa. Pueden facilitar repetición, preparación, exploración de condiciones y acceso a representaciones que en un equipo real son difíciles de observar. Su límite aparece cuando la tarea demanda contacto físico, percepción sensorial, instalación segura o reacción ante eventos imprevistos. No debe declararse que una experiencia inmersiva sustituye o supera otra por el simple hecho de utilizar tecnología más reciente. La selección razonable depende del aprendizaje que será verificado.

La investigación basada en laboratorio también requiere una redacción técnica honesta. El informe debe separar datos de inferencias y señalar los procedimientos que permiten reproducir el trabajo. Las tablas no necesitan repetir en prosa cada valor; las figuras deben hacer visible una relación. Cuando un ensayo no ofrece evidencias suficientes, la conclusión adecuada puede ser reconocer esa insuficiencia y proponer una medición adicional.

Esta forma de proceder fortalece una cultura de calidad en la que la incertidumbre se declara en lugar de esconderse.

En respuesta al objetivo de la unidad, la experimentación debe enseñar a sostener interpretaciones proporcionadas a la evidencia. Un estudiante competente puede formular una pregunta medible, organizar un procedimiento seguro, utilizar instrumentos con criterio, analizar discrepancias y reconocer lo que no ha sido comprobado. La infraestructura facilita algunas experiencias, pero no reemplaza la deliberación metodológica. La formación profesional se fortalece cuando las mediciones dejan de tratarse como números destinados a confirmar una teoría y pasan a entenderse como pruebas que deben examinarse críticamente.

UNIDAD 4. Competencias profesionales, transformación tecnológica y sostenibilidad

La formación profesional en ingeniería mecánica no termina cuando el estudiante obtiene un resultado correcto en una simulación. La práctica exige interpretar necesidades de usuarios, trabajar con especialistas de otras áreas, negociar restricciones y documentar decisiones que pueden cambiar durante la ejecución. Una solución técnicamente viable puede resultar inadecuada por riesgos de mantenimiento, consumo energético, dificultad de inspección o falta de comunicación entre participantes. Enseñar estas condiciones dentro de la universidad requiere actividades en las que el conocimiento disciplinar se encuentre con responsabilidades identificables.

La noción de competencia profesional incluye más que una suma de habilidades aisladas. Comunicar un cálculo supone comprender sus hipótesis; trabajar en equipo implica escuchar objeciones técnicas y dejar constancia de modificaciones; actuar con seguridad demanda reconocer cuándo la información disponible no alcanza para decidir. Los proyectos integradores pueden ofrecer oportunidades para practicar esas relaciones,

aunque necesitan supervisión. Sin un reparto explícito de responsabilidades, el producto final puede ocultar contribuciones desiguales y aprendizajes imposibles de atribuir.

Las tecnologías vinculadas con Industria 4.0 e Industria 5.0 añaden nuevas posibilidades. Sensores conectados, mantenimiento basado en condición, datos de producción y modelos virtuales permiten observar sistemas con mayor continuidad. Pero la presencia de información abundante no resuelve automáticamente problemas de calidad o interpretación. Un registro de vibración mal tomado o una variable calculada con un modelo inadecuado puede conducir a decisiones erróneas, incluso cuando se presenta dentro de una plataforma sofisticada. El currículo debe enseñar a discutir la procedencia de los datos y el alcance de las inferencias.

La inteligencia artificial generativa constituye un recurso especialmente sensible en este contexto. Puede ayudar a documentar código, organizar ideas o proponer rutas de análisis, pero también producir explicaciones plausibles que no corresponden a las propiedades del sistema estudiado. La habilidad profesional no consiste en obtener una respuesta verbal

convincente; consiste en verificarla. Si se utiliza una herramienta de IA para proponer una condición de frontera, el estudiante debe justificar por qué corresponde al problema y dejar trazabilidad de la decisión adoptada.

La sostenibilidad modifica la forma de evaluar alternativas. La elección de un material no depende solo de su resistencia, sino también de la vida útil, la reparación, la energía consumida, el reciclaje y las características del proceso productivo. No es posible reducir todos estos aspectos a un indicador universal. Por ello, el estudiante debe aprender a establecer límites del análisis y a reconocer conflictos: reducir masa puede aumentar complejidad de fabricación; mejorar rendimiento energético puede requerir materiales o procesos con otros impactos. Expresar esas tensiones con claridad forma parte de la competencia técnica.

La comunicación profesional es un elemento transversal. Un informe de diseño tiene que permitir que otra persona identifique el propósito, los supuestos, los cálculos, las pruebas y las cuestiones pendientes. Las figuras deben explicar relaciones y las tablas organizar decisiones; ninguna debe utilizarse solo para

ampliar páginas. También importa reconocer la autoría de fuentes y diferenciar el dato medido de la interpretación. La documentación es valiosa no por su extensión, sino por lo que permite reconstruir.

La presente unidad reúne estos elementos en un enfoque de evaluación por evidencias. Su intención no es fijar una lista invariable de competencias ni convertir a todos los estudiantes en expertos en automatización o gestión ambiental. Propone criterios para diseñar experiencias de formación mecánica capaces de conectar la decisión técnica con sus consecuencias humanas, organizacionales y materiales.

Objetivo de aprendizaje

Integrar competencias técnicas, comunicativas, digitales, éticas y ambientales en experiencias de formación profesional de ingeniería mecánica basadas en evidencias.

Desarrollo de la unidad

4.1. Proyectos integradores, roles y comunicación técnica

Un proyecto integrador puede organizarse alrededor de una función mecánica común, como transmitir movimiento o controlar temperatura. La integración no se produce simplemente al reunir asignaturas en una misma entrega. Requiere objetivos compartidos, interfaces entre especialidades y un criterio de aceptación final. Cuando los estudiantes deben demostrar cómo una decisión de materiales modifica el modelado, o cómo la fabricación obliga a cambiar la geometría, aparece una relación auténtica entre conocimientos.

El reparto de roles debe ayudar a distribuir trabajo y aprendizaje, no a encerrar a cada integrante en una sola tarea. Quien construye el modelo debería comprender qué magnitudes se medirán; quien prepara el ensayo necesita conocer los supuestos del cálculo. Las rotaciones de responsabilidad y las defensas individuales permiten comprobar comprensión. El trabajo interdisciplinario descrito por Tsutsumi (2025) y el análisis de competencias en proyectos de impacto social de López et al.

(2026) ofrecen perspectivas distintas sobre cómo conectar contribuciones técnicas y objetivos colectivos.

La documentación necesita un sistema sencillo de versiones, responsables y decisiones. Una minuta que indique qué se modificó y por qué puede ser más útil que un informe extenso redactado al final. La presentación pública del trabajo exige diferenciar lo comprobado de lo supuesto. Las investigaciones sobre percepciones de competencias en estudiantes de ingeniería recuerdan que la valoración subjetiva no reemplaza evidencias observables del desempeño (Vempala et al., 2026).

Un proyecto integrador necesita un problema cuyo desempeño pueda evaluarse desde varias asignaturas. Una propuesta de accionamiento mecánico puede relacionar selección de materiales, diseño de ejes, instrumentación y mantenimiento. La integración no consiste en repartir capítulos aislados entre participantes. El equipo debe reconocer qué decisiones de una especialidad modifican las restricciones de otra y documentar cómo se resolvieron las incompatibilidades. Ese intercambio convierte la coordinación en parte del aprendizaje técnico.

El inicio del proyecto puede incluir una carta de alcance con función requerida, productos verificables, responsabilidades y criterios de aceptación. Si una condición todavía depende de información externa, debe quedar identificada. Esta definición previene cambios arbitrarios de objetivos durante el trabajo. También permite que el docente evalúe la coherencia de la planificación, no solo el resultado presentado al final del semestre. El documento puede ser breve siempre que sus decisiones sean comprensibles.

La comunicación profesional debe adaptarse a su destinatario. Una exposición para especialistas puede utilizar convenciones propias de la disciplina, mientras un informe para responsables de gestión necesita aclarar riesgos, alternativas y evidencia disponible. En ambos casos la exactitud es obligatoria. El estudiante debe distinguir entre una afirmación comprobada, una predicción del modelo y una recomendación condicionada. El lenguaje técnico preciso facilita la colaboración cuando existen criterios distintos dentro del equipo.

La Figura 10 integra fundamento científico, diseño, experimentación, comunicación y responsabilidades éticas y ambientales como dimensiones de desempeño profesional.

Un proyecto integrador necesita una definición compartida de la función técnica y de los criterios de aceptación. Cuando intervienen estudiantes de diseño, materiales y control, cada área puede proponer soluciones internamente correctas que resultan incompatibles en el conjunto. El proyecto debe identificar esas interfaces desde el inicio. Una revisión de integración permite discutir cómo la elección de un material afecta la fabricación o cómo una modificación geométrica altera la ubicación de sensores y puntos de mantenimiento.

La distribución de funciones dentro del equipo debe asociarse con responsabilidades verificables. Una persona puede coordinar versiones de los modelos, otra organizar ensayos y otra preparar la documentación, pero todas necesitan comprender las decisiones que conectan esas tareas. Las rotaciones planificadas ayudan a evitar una división donde cada integrante conoce únicamente su fragmento. La defensa final puede solicitar a

Figura 10.

Desarrollo de competencias profesionales del **ingeniero mecánico**



Nota. La competencia profesional combina conocimientos, desempeño, juicio y acción responsable.

4.2. Automatización, mantenimiento y datos industriales

La automatización combina sensores, actuadores, controladores y reglas para actuar sobre un proceso. En la formación mecánica, su estudio debe conectarse con las magnitudes físicas que se desean medir o modificar. Un sistema de mantenimiento predictivo no mejora por acumular señales: requiere sensores pertinentes, una frecuencia de adquisición razonable y criterios para distinguir condiciones normales de anomalías. Antes de incorporar modelos complejos, el estudiante debe entender el sistema y sus posibles fallas.

Los proyectos de mantenimiento inteligente pueden estructurarse en torno a la trazabilidad del dato: dónde se obtuvo, qué unidad posee, qué procedimiento lo transformó y bajo qué condiciones resulta comparable con un registro anterior. Cruz-Alcantar et al. (2026) proponen una metodología educativa que integra monitoreo de condición, internet de las cosas e inteligencia artificial generativa. Su aportación muestra un campo de práctica formativa; no elimina la necesidad de validar sensores, algoritmos y decisiones de intervención.

La referencia a Industria 5.0 incorpora el interés por sistemas centrados en las personas, resilientes y sostenibles. Boluda-Prieto et al. (2026) describen una experiencia educativa basada en desafíos para trabajar este enfoque. En mecánica, la discusión puede incluir seguridad del operario, facilidad de reparación o capacidad para mantener la producción ante una falla. El objetivo docente no es presentar la tecnología como una sucesión inevitable de novedades, sino enseñar a evaluar su utilidad bajo condiciones concretas.

La automatización debe enseñarse desde el comportamiento físico que se desea controlar. En un sistema de bombeo, por ejemplo, la señal de un transmisor se vincula con presión o caudal, pero no describe por sí sola todas las condiciones del proceso. El estudiante necesita comprender cómo se obtiene la magnitud, qué rango corresponde al instrumento y qué acción puede ejecutar el controlador. Sin ese vínculo, la programación se transforma en una secuencia formal desligada del equipo real.

Un proyecto de monitoreo puede comenzar con una cadena de datos claramente identificada. Se define la variable, el lugar de instalación del sensor, la frecuencia de lectura y el registro de

condiciones de operación. Después se establecen comprobaciones de integridad y criterios para interpretar cambios. Un valor atípico no demuestra automáticamente una falla mecánica; puede surgir por una conexión inestable, una perturbación del entorno o un error de adquisición. La revisión debe contemplar estas alternativas.

El mantenimiento basado en condición requiere distinguir observación, diagnóstico y decisión. Una tendencia de vibración puede justificar una inspección adicional, pero no necesariamente una intervención inmediata. La actividad docente puede solicitar que se identifique qué evidencia adicional sería pertinente y qué consecuencias tendría una falsa alarma. De este modo se incorporan costos, continuidad de operación y seguridad sin atribuir a un algoritmo una autoridad que no puede sostenerse mediante los datos.

Tabla 4. Rúbrica sintética para integración de competencias

Dimensión	Nivel suficiente	Evidencia
Técnica	Modelo y cálculo coherentes	Plano, simulación y prueba
Comunicación	Explica supuestos y límites	Informe y defensa
Responsabilidad	Identifica y controla riesgos	Matriz de seguridad
Sostenibilidad	Expone límites de comparación	Alternativas documentadas

Nota. Elaboración propia; los descriptores no han sido sometidos a validación psicométrica.

La Tabla 4 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso.

Un sistema automatizado comienza con una variable física y una finalidad operativa. Antes de seleccionar sensores o algoritmos, el estudiante debe explicar qué condición interesa detectar y qué acción podría justificarse con esa información. En mantenimiento, una tendencia de vibración no representa por sí misma una falla determinada. Puede variar por carga, velocidad o montaje. El diseño de la actividad exige distinguir el dato

registrado de la inferencia diagnóstica y de la decisión de intervención.

La calidad del registro industrial depende de una cadena de decisiones. Se debe identificar el punto de medición, la frecuencia de adquisición, las unidades y las transformaciones aplicadas a la señal. Cuando se comparan periodos diferentes, las condiciones de servicio deben ser suficientemente semejantes o quedar descritas para interpretar discrepancias. La trazabilidad permite regresar al dato original si un indicador derivado presenta un comportamiento inesperado. Sin esa posibilidad, un panel visual sofisticado puede ocultar información poco confiable.

La enseñanza de automatización también necesita discutir condiciones de falla del propio sistema de control. Un sensor puede dejar de transmitir, una señal puede saturarse y un actuador puede no responder como se esperaba. Los ejercicios deben prever respuestas seguras y límites de operación definidos por el equipo real. La autonomía de la máquina no elimina las responsabilidades de supervisión. Por eso, los modelos didácticos conviene evaluarlos no solo por precisión en

condiciones normales, sino por la claridad de sus mecanismos de detección y protección.

Las experiencias que integran monitoreo de condición, internet de las cosas e inteligencia artificial ofrecen escenarios para conectar datos con decisiones, siempre que sus resultados se interpreten dentro del contexto educativo (Cruz-Alcantar et al., 2026). Un proyecto universitario puede trabajar con registros suministrados o simulados y declarar claramente su procedencia. La evaluación debe reconocer si el estudiante comprende la cadena de medición, identifica posibles fallos de datos y explica el alcance de una recomendación de mantenimiento.

4.3. Inteligencia artificial y responsabilidad en las decisiones

Las herramientas de inteligencia artificial pueden facilitar la programación de rutinas, la explicación de algoritmos y la organización de documentación técnica. Sin embargo, una respuesta no debe aceptarse como prueba por estar redactada de manera convincente. El estudiante necesita comprobar dimensiones, unidades, supuestos y compatibilidad física. En un

cálculo de esfuerzo, por ejemplo, un resultado expresado en unidades inconsistentes debe detectarse mediante razonamiento previo a cualquier análisis de software.

La incorporación pedagógica de IA demanda reglas de uso: registrar cuándo intervino la herramienta, conservar fuentes consultadas, validar procedimientos y declarar limitaciones. Viadero-Monasterio et al. (2026) examinan su utilización en un curso de teoría de vehículos, y Hu et al. (2026) analizan el apoyo de IA generativa para enseñar conceptos abstractos de control mecánico. Los trabajos permiten abrir preguntas sobre aprendizaje, asistencia y verificación, sin asumir que sus hallazgos sean generalizables a cualquier asignatura o institución.

La automatización de tareas docentes también requiere supervisión. Tu et al. (2026) estudian un modelo de enseñanza inteligente en mecánica básica, mientras Mosquera-Navarro et al. (2025) analizan una aplicación de ChatGPT en ergonomía de ingeniería industrial. La utilidad formativa debe medirse por la capacidad del estudiante para explicar y corregir lo producido. Si

una herramienta genera código, la responsabilidad de probarlo y comprender sus riesgos no desaparece.

La inteligencia artificial puede apoyar tareas de búsqueda, programación y organización documental, pero su utilización debe quedar vinculada con una necesidad técnica concreta. Generar un fragmento de código para procesar datos no equivale a validar el procesamiento. El estudiante necesita revisar unidades, estructura de entrada, supuestos estadísticos y resultados obtenidos. La documentación debe indicar qué parte fue asistida por una herramienta y qué comprobaciones permitieron aceptar o corregir su salida.

En una actividad sobre elementos finitos, un asistente generativo podría sugerir condiciones de apoyo incompatibles con el sistema. Una explicación lingüísticamente convincente no corrige ese problema. La revisión debe regresar a la geometría, los contactos y el comportamiento físico esperado. Conviene solicitar al estudiante una justificación independiente de las condiciones seleccionadas y una comparación con una aproximación analítica cuando resulte posible. Así se valora la decisión ingenieril y no la fluidez de una respuesta automática.

La trazabilidad requiere conservar versiones de instrucciones, código y datos cuando esos elementos afectan el resultado. Si una herramienta modifica una fórmula o una rutina de filtrado, debe identificarse qué cambió y cómo se comprobó su efecto. Las pruebas con valores conocidos o con casos límite pueden descubrir errores que pasan inadvertidos en una visualización atractiva. No es necesario transformar todo ejercicio en una auditoría extensa, pero sí establecer controles proporcionales a sus consecuencias.

La Figura 11 expone las relaciones de retroalimentación entre modelado, manufactura, inspección y mejora continua de un sistema mecánico.

El empleo de inteligencia artificial en tareas mecánicas necesita una política de verificación proporcional al riesgo. Una herramienta puede ayudar a redactar un procedimiento o proponer variables para una simulación, pero la validez de esos contenidos no se deduce de su fluidez. Si recomienda una propiedad de material, corresponde contrastarla con documentación técnica identificable. Si sugiere una condición de contorno, el estudiante debe comprobar que represente la conexión física. La evaluación debería solicitar pruebas de esa verificación, no solamente una declaración de uso responsable.

La procedencia de los datos merece una revisión específica. Un conjunto de registros puede contener mediciones reales, valores sintéticos o resultados de un simulador. Esas categorías no tienen el mismo alcance y deben identificarse antes de entrenar o aplicar un modelo. Cuando la información procede de un ejercicio hipotético, no puede presentarse como desempeño observado en una planta. El estudiante necesita aprender a describir origen, transformación y límites de representatividad para que las conclusiones sean interpretables.

La trazabilidad del trabajo asistido puede conservar un registro breve de las consultas relevantes, los materiales consultados y las comprobaciones efectuadas. No se trata de reproducir conversaciones extensas, sino de dejar claro qué decisiones fueron tomadas por el equipo y cuáles sugerencias se descartaron. Este procedimiento ayuda a preservar responsabilidad intelectual, especialmente cuando el resultado afecta seguridad, desempeño o costos. El uso de una herramienta digital no modifica la obligación de justificar cada afirmación técnica incorporada al informe.

La alfabetización crítica también exige reconocer cuándo conviene no utilizar automatización generativa. Una derivación que el estudiante necesita comprender puede resolverse mejor mediante cálculo manual y contraste posterior. En cambio, tareas auxiliares de organización o depuración de código pueden beneficiarse de apoyo digital sujeto a revisión. Elegir la herramienta forma parte del juicio profesional. La competencia no consiste en utilizar inteligencia artificial en todas las actividades, sino en distinguir sus posibilidades, límites y condiciones de control.

Figura 11.

Integración de simulación, manufactura y mejora continua en la formación mecánica

Modelado y simulación

Diseñan, representan y simulan componentes y procesos (CAD/CAE) para predecir su desempeño, optimizar parámetros y reducir riesgos.

Manufactura

Materializan el diseño mediante procesos de fabricación (p. ej., CNC, torneado, fresado e impresión 3D), aplicando planeación, parámetros y buenas prácticas de taller.

Inspección y calidad

Verifican que el producto cumpla requerimientos dimensionales y funcionales mediante instrumentos de medición, criterios de calidad y normas aplicables.

Análisis de desempeño

Evalúan los resultados del diseño y la manufactura con datos de simulación, medición y pruebas, para determinar el cumplimiento de especificaciones y la eficiencia del proceso.

Mejora continua

Identifican oportunidades de mejora, ajustan el diseño o el proceso y estandarizan las soluciones, cerrando el ciclo con mayor calidad, productividad y aprendizaje.



Nota. La educación mecánica contemporánea conecta herramientas digitales, procesos de producción y la mejora basada en evidencias.

4.4. Sostenibilidad, seguridad y ciclo de vida

La sostenibilidad puede incorporarse a una decisión mecánica cuando se explicitan sus límites. Comparar dos materiales demanda considerar masa, duración, energía asociada a la producción, posibilidad de reparación y fin de vida, según la información realmente disponible. La ausencia de ciertos datos no autoriza completar el análisis con cifras imaginarias. Conviene declarar qué dimensiones se evaluaron y cuáles permanecieron fuera del alcance del ejercicio.

Hąbek et al. (2024) examinan la presencia de sostenibilidad en programas europeos de maestría en ingeniería mecánica; Alhassani et al. (2025) presentan una revisión global de su integración en la formación ingenieril. Raoufi y Haapala (2024) proponen evaluar procesos de manufactura mediante una herramienta de análisis de sostenibilidad. Estos trabajos muestran diferentes escalas del problema: diseño curricular, orientación de la formación y valoración técnica de procesos. La enseñanza puede vincularlas sin fingir que una sola métrica resuelve todas las decisiones.

La seguridad debe permanecer vinculada con la competencia profesional. Un diseño que cumple un objetivo funcional todavía puede presentar riesgos de contacto, temperatura, proyección de partículas o falla estructural. La evaluación debe solicitar que esos riesgos se identifiquen y que las medidas propuestas guarden relación con el modo de operación. La responsabilidad profesional consiste también en reconocer cuándo no se dispone de información suficiente para autorizar un uso.

La sostenibilidad de una alternativa mecánica no puede determinarse observando únicamente su consumo de material. También interesan la energía utilizada durante operación y fabricación, la duración prevista, el mantenimiento y la recuperación de componentes. En una actividad inicial, el grupo puede construir un inventario cualitativo de esas etapas y señalar qué datos faltan para estimar impactos. Esa delimitación evita afirmar beneficios ambientales sobre la base de una sola característica favorable.

Un rediseño destinado a disminuir masa puede exigir mayor complejidad geométrica o un proceso productivo más intensivo. Del mismo modo, una pieza más pesada puede tener una vida útil

prolongada y admitir reparaciones sencillas. La comparación requiere declarar la función que ambas alternativas prestan y las condiciones de servicio consideradas. Sin una unidad funcional común, los porcentajes de mejora carecen de interpretación suficiente. El estudiante aprende así que los indicadores ambientales dependen de decisiones metodológicas.

La selección de materiales plantea compromisos entre propiedades, disponibilidad y tratamiento al final de la vida útil. Un polímero, un acero o una aleación ligera no puede declararse universalmente más sostenible sin establecer procesos, durabilidad y condiciones de uso. Conviene enseñar a consultar datos comparables y señalar incertidumbres cuando las fuentes difieren. El informe puede concluir que ninguna alternativa es claramente superior con la información disponible, siempre que esa conclusión esté razonada.

Los criterios de seguridad requieren un tratamiento distinto de los objetivos negociables. Una reducción de costo o energía no justifica incumplir una condición esencial de protección. El ejercicio de evaluación puede separar requisitos obligatorios de atributos sometidos a comparación. Después se analiza cómo

modificar una solución para cumplir ambos grupos de condiciones. Esta lógica enseña a reconocer límites a la optimización y a evitar que una puntuación agregada encubra riesgos inaceptables.

Figura 12. Integración de dimensiones del desempeño profesional



Nota. Esquema original; dimensiones complementarias, no clasificación normativa.

La Figura 12 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

La sostenibilidad de un componente depende de decisiones distribuidas a lo largo de su vida útil. La selección inicial de material influye en fabricación, mantenimiento, posibilidades de reparación y tratamiento final. Una alternativa liviana puede reducir consumo durante la operación, pero requerir un proceso de producción más complejo. El estudiante debe reconocer estas tensiones antes de emitir un juicio ambiental. La comparación necesita límites explícitos y datos de procedencia identificable, en lugar de adjetivos generales sobre una solución presuntamente ecológica.

El enfoque de ciclo de vida puede introducirse mediante preguntas técnicas manejables. ¿Puede sustituirse una pieza desgastada sin desechar el conjunto? ¿La geometría facilita desmontaje? ¿Qué operaciones se necesitan para recuperar materiales? Estas cuestiones vinculan diseño con mantenimiento y manufactura. No sustituyen una evaluación ambiental formal, pero ayudan a detectar decisiones que crean impactos posteriores difíciles de corregir. La formación universitaria puede trabajar con escenarios declarados cuando aún no dispone de inventarios completos.

La seguridad constituye una restricción que no debería competir con atributos secundarios mediante una simple puntuación. Un diseño que expone a una persona a partes móviles requiere una revisión específica, aunque presente otras ventajas. La responsabilidad del equipo incluye reconocer peligros, documentar medidas de protección y consultar procedimientos aplicables al contexto real. Las actividades docentes deben evitar ensayos no autorizados y representar claramente los límites de los ejemplos. La prudencia técnica forma parte del desempeño esperado.

4.5. Evaluación integradora y mejora del perfil de egreso

La evaluación final de un proyecto integrador debería examinar el producto y la cadena de razonamiento. Las evidencias pueden incluir especificaciones, versiones del diseño, registros experimentales, comparación de alternativas, análisis de riesgos y comunicación oral. No todas requieren la misma ponderación. El peso de cada componente depende del resultado de aprendizaje que la institución considera prioritario y de la dificultad del trabajo asignado.

Es conveniente distinguir desempeño demostrado y autopercepción. El estudiante puede sentirse seguro con un programa CAD sin ser capaz de justificar una condición de carga. También puede reconocer una dificultad técnica y, aun así, producir una decisión prudente y bien fundamentada. Las herramientas de evaluación deben ofrecer retroalimentación que explique esa diferencia. Los estudios de competencia digital universitaria de Silva-Quiroz et al. (2024) sugieren atender factores formativos y contextuales. La formación profesional necesita combinar habilidades declaradas con evidencias de desempeño observables (Vempala et al., 2026).

La mejora curricular puede apoyarse en una matriz de trazabilidad que relacione resultados de aprendizaje, asignaturas y evidencias observadas. Cuando un error se repite en distintos cursos, interesa reconocer si se trata de un vacío conceptual, de práctica insuficiente o de criterios de evaluación poco claros. El cierre del proceso no consiste en declarar todas las competencias logradas, sino en documentar qué se observó y qué cambios razonables pueden introducirse en la siguiente oferta académica.

La evaluación del perfil de egreso requiere observar desempeños que integren conocimientos y decisiones. Un examen puede comprobar fundamentos físicos, pero no necesariamente la gestión de un cambio de diseño o la comunicación de una incertidumbre. Por su parte, un prototipo puede demostrar trabajo colectivo sin identificar las contribuciones de cada estudiante. Un sistema de valoración más completo combina evidencias de cálculo, análisis, ejecución y defensa técnica, asignando a cada una una función específica.

El proyecto integrador puede servir como espacio de síntesis cuando conserva criterios comunes a distintas asignaturas. El estudiante identifica requisitos, construye una solución, verifica aspectos críticos y explica los cambios. No es necesario exigir el mismo producto a todas las cohortes. La comparabilidad puede apoyarse en rúbricas que examinen la coherencia del razonamiento, la calidad del registro, el uso de evidencia y el tratamiento de restricciones. Así se evita que la complejidad del artefacto determine por sí sola la calidad del aprendizaje.

La retroalimentación institucional necesita información agregada sin perder las diferencias entre cohortes y asignaturas.

Si numerosos estudiantes presentan dificultades para justificar supuestos de simulación, puede ser necesario revisar la preparación conceptual y las prácticas de verificación. Si el problema se concentra en comunicación técnica, quizá deban mejorarse los criterios de informes y defensas. La decisión curricular debería apoyarse en evidencias consistentes y no en una única percepción de satisfacción.

La evaluación del perfil de egreso necesita reunir evidencias de distintos tipos. Un cálculo correcto muestra dominio de procedimientos, pero no demuestra por sí solo que el estudiante pueda comunicar riesgos o gestionar una revisión de diseño. El proyecto integrador permite observar esas competencias si sus etapas dejan registros diferenciables. El informe final, la bitácora de decisiones, una revisión individual y una comprobación técnica responden a preguntas distintas. Ningún instrumento aislado debería considerarse suficiente para atribuir el conjunto del desempeño profesional.

La rúbrica puede separar la coherencia de la solución, la calidad de los datos y la responsabilidad del proceso. En la primera dimensión se examinan modelos, cálculos y

compatibilidad funcional. En la segunda, la trazabilidad de ensayos y verificaciones. La tercera considera seguridad, comunicación y gestión de incertidumbres. Los descriptores necesitan conductas observables y no expresiones como actitud excelente o innovación sobresaliente. Esa precisión ayuda a que distintos evaluadores fundamenten sus juicios sobre evidencias comparables.

Los portafolios de egreso pueden organizarse alrededor de decisiones significativas realizadas durante la carrera. Conviene seleccionar proyectos que muestren progresión, incluyendo revisiones y errores resueltos. El documento debe permitir conocer qué correspondió al estudiante dentro de un trabajo compartido. Una memoria extensísima no es necesariamente mejor: la calidad depende de su capacidad para reconstruir problemas, alternativas y resultados. La síntesis argumentada puede revelar mejor el juicio profesional que una colección desordenada de capturas de pantalla.

Conclusiones de la unidad 4

La formación profesional de ingeniería mecánica reclama una integración progresiva entre conocimiento técnico, comunicación, responsabilidad y capacidad de adaptación. La cuarta unidad ha analizado esa integración sin reducirla a una lista de habilidades blandas. La colaboración exige comprender el trabajo de otros; la ética supone explicar las consecuencias de una decisión; la competencia digital requiere evaluar la confiabilidad de los datos y programas utilizados. Ninguna de estas dimensiones puede enseñarse de manera convincente si permanece desligada de problemas en los que el estudiante deba aplicar fundamentos de la disciplina.

Los proyectos integradores ofrecen un medio para establecer conexiones entre diseño, análisis, experimentación y fabricación. Su valor depende de la existencia de objetivos compartidos y responsabilidades verificables. Cuando un equipo distribuye tareas, también debe mantener espacios en los que todos comprendan el resultado general. Las defensas individuales, los registros de versiones y los hitos de revisión ayudan a distinguir la calidad del producto de la contribución de cada participante. La

colaboración se convierte entonces en una práctica de argumentación técnica y no solamente en división de actividades.

La automatización ha ampliado las posibilidades de observar y controlar sistemas mecánicos. La conectividad de sensores, el mantenimiento basado en condición y la disponibilidad de registros continuos permiten plantear nuevas tareas formativas. No obstante, la abundancia de datos puede ocultar errores de adquisición, procesamiento o interpretación. Un modelo de detección de anomalías necesita información pertinente y criterios de validación. Enseñar herramientas avanzadas sin explicar su fundamento conduce a decisiones opacas, una condición incompatible con la responsabilidad profesional que se pretende desarrollar.

La inteligencia artificial generativa exige una distinción semejante entre asistencia y evidencia. Puede servir para proponer borradores de código, resumir documentación o explorar distintas explicaciones, pero sus respuestas requieren contraste. La responsabilidad permanece en quien selecciona una solución y la incorpora al trabajo técnico. El estudiante debe revisar unidades, hipótesis, dimensiones, condiciones de frontera

y riesgos. También resulta necesario reconocer el uso de herramientas cuando estas influyeron sustantivamente en la elaboración de un producto académico. La transparencia no disminuye el valor del aprendizaje; lo hace más evaluable.

La sostenibilidad introduce criterios que amplían la comparación de alternativas. Una pieza de menor masa puede consumir menos material, pero exigir un proceso más complejo; un componente más durable puede requerir una inversión inicial superior. El análisis responsable debe definir qué impactos contempla y qué información permanece fuera de su alcance. La enseñanza no necesita prometer una solución ambientalmente óptima en cualquier situación. Resulta más valioso que el estudiante pueda identificar compromisos, explicar la incertidumbre y proponer qué información adicional haría falta para decidir con mayor fundamento.

La seguridad mantiene un carácter no negociable. Una propuesta funcional puede generar condiciones de riesgo para operadores, usuarios o personal de mantenimiento. El estudiante necesita reconocer modos probables de falla, identificar situaciones peligrosas y documentar medidas coherentes con la

operación prevista. Este razonamiento no puede sustituirse por una declaración genérica de que “se siguieron normas”. Requiere explicar cuál es el peligro y por qué la medida propuesta puede reducirlo, sin atribuir a la evaluación universitaria una certificación profesional que no ha realizado.

La evaluación de competencias profesionales debe construirse a partir de evidencias diversas. Un plano verifica ciertas habilidades de representación; una prueba experimental examina otras; una defensa oral permite observar comprensión y comunicación. La coherencia aparece al relacionar cada evidencia con un resultado de aprendizaje definido y al declarar el límite de inferencia. Las encuestas de percepción pueden complementar ese proceso, pero no demuestran por sí solas dominio técnico. La institución debe revisar lo que sus estudiantes hacen y explican, además de lo que dicen sentirse capaces de realizar.

En relación con el objetivo de la unidad, integrar competencias técnicas, digitales, éticas y ambientales significa formar decisiones justificables y comunicables. La complejidad tecnológica no elimina la necesidad de fundamentos mecánicos,

ni la sensibilidad social sustituye el análisis físico. Una educación superior responsable mantiene ambas exigencias. El resultado esperado es una persona capaz de utilizar tecnologías pertinentes, dialogar con otros especialistas, documentar restricciones y reconocer situaciones en que la evidencia disponible no alcanza. Ese límite reconocido es parte de la competencia profesional, no una debilidad que deba disimularse.

GLOSARIO

Alineación curricular. Correspondencia entre lo que un programa declara como aprendizaje esperado, las tareas que ofrece para desarrollarlo y las evidencias que acepta para comprobarlo. En ingeniería mecánica exige que la resolución de cálculos, el trabajo de laboratorio y la argumentación técnica no se valoren como desempeños equivalentes cuando demuestran habilidades diferentes. La alineación se utiliza para revisar una asignatura y detectar objetivos sin actividades pertinentes o evaluaciones que premian destrezas ajenas al propósito formativo. (Ramírez de Dampierre et al., 2024).

Aprendizaje basado en problemas. Estrategia que sitúa una pregunta abierta como punto de partida para identificar conocimientos necesarios, proponer hipótesis y examinar soluciones. No supone que el estudiante pueda resolver cualquier situación sin orientación. En mecánica puede utilizarse para determinar por qué falla una transmisión o qué datos hacen falta para calcular un soporte. Su valor depende de la calidad de la pregunta, del acompañamiento del docente y de la forma de

comprobar el razonamiento obtenido. (Gutierrez-Berraondo et al., 2025).

Aprendizaje basado en proyectos. Organización de la enseñanza alrededor de un producto, diseño o solución que requiere tomar decisiones durante varias etapas. La construcción física no es un requisito universal, aunque el proyecto debe contar con criterios de aceptación y evidencias del proceso. En una asignatura de manufactura, el estudiante puede documentar especificaciones, modelos, decisiones de proceso y pruebas. El aprendizaje no se deduce únicamente de que el artefacto final funcione, sino de la explicación verificable de cómo se consiguió. (Lavado-Anguera et al., 2024).

Bitácora técnica. Registro cronológico y trazable de procedimientos, mediciones, modificaciones y decisiones. Permite conocer qué versión de un modelo o qué configuración de ensayo produjo determinado resultado. En una práctica de laboratorio no sustituye al informe final: conserva información inmediata que podría perderse al redactarlo posteriormente. También facilita atribuir responsabilidades y reconstruir errores. Su utilidad depende de que consigne datos concretos, unidades,

fecha y explicación de cambios, y no se reduzca a frases genéricas de avance. (Rodríguez-Borges et al., 2024).

CAD. Sigla de diseño asistido por computadora. Comprende herramientas para representar geometría, relaciones paramétricas, ensamblajes y planos. El dominio de CAD no equivale por sí solo a competencia en diseño mecánico, porque el software puede reproducir formas sin justificar su función. En educación, el modelo debe evaluarse junto con sus restricciones, estructura de operaciones, coherencia dimensional y capacidad de ser modificado sin perder relaciones esenciales. Un archivo bien organizado facilita la revisión de la intención del diseño. (Liu et al., 2026a).

CAE. Sigla de ingeniería asistida por computadora, asociada a herramientas de análisis numérico para predecir comportamiento mecánico, térmico o de flujo. Su utilidad depende de definir preguntas, propiedades, cargas, restricciones y verificaciones adecuadas. Una simulación puede aportar evidencia sobre una alternativa, pero no demuestra por sí misma el comportamiento real de un equipo. En formación, debe vincularse con

estimaciones analíticas y, cuando sea posible, con ensayos que permitan discutir diferencias y limitaciones. (Afify et al., 2024).

CAM. Sigla de manufactura asistida por computadora. Se refiere al uso de sistemas digitales para planificar y programar operaciones de producción, como trayectorias de mecanizado. En educación requiere comprender las condiciones físicas que acompañan al programa: herramientas, fijación, material, velocidades y seguridad. La visualización de una trayectoria no autoriza ejecutar una máquina sin revisar riesgos y condiciones. Su integración con CAD ayuda a estudiar cómo las restricciones productivas pueden modificar decisiones geométricas. (Guo, 2025).

Competencia profesional. Capacidad de movilizar conocimientos, procedimientos y criterios en una actuación situada que puede observarse y evaluarse. Incluye decisiones técnicas, comunicación, seguridad y responsabilidad, sin reducirse a una declaración de autoconfianza. En ingeniería mecánica se manifiesta cuando una persona interpreta un problema, justifica un diseño, reconoce sus límites y documenta pruebas. La valoración debe utilizar evidencias pertinentes,

porque una encuesta sobre habilidades percibidas no equivale a una demostración de desempeño. (Vempala et al., 2026).

Condición de frontera. Representación de cómo un modelo interactúa con su entorno en una superficie, un borde o una interfaz. Puede expresar apoyos, desplazamientos, fuerzas, temperaturas o flujos, según el problema físico. Una condición incorrecta puede producir resultados numéricos aparentemente precisos pero físicamente engañosos. En docencia conviene pedir al estudiante que dibuje y explique cada restricción antes de ejecutar la simulación, y después examine si coincide con el sistema real que pretende representar. (Huerta-Gomez-Merodio & Requena-Garcia-Cruz, 2025).

Control de calidad experimental. Conjunto de acciones que permiten verificar que un procedimiento, un equipo y un registro ofrecen información útil para una decisión. Incluye comprobar condiciones de operación, instrumentos, identificación de muestras y consistencia de datos. No garantiza ausencia total de error, pero facilita detectar anomalías y delimitar el alcance de una conclusión. En un laboratorio universitario se expresa en instrucciones seguras, registros suficientes para repetir el ensayo

y revisión crítica de resultados que difieren de la previsión inicial. (Kafadarova et al., 2026).

Diseño paramétrico. Modo de construcción de modelos geométricos en el que dimensiones y relaciones condicionan la forma final. La modificación de un parámetro puede actualizar otros componentes si la estructura de restricciones está correctamente definida. Enseñarlo implica explicar qué dimensiones expresan intención funcional y cuáles son consecuencias geométricas. La calidad de un modelo no debe juzgarse exclusivamente por su semejanza visual con una referencia, sino también por su estabilidad, claridad y facilidad de revisión. (Tierney, 2025).

Diseño de experimentos. Procedimiento para organizar cambios controlados de factores y estudiar su efecto sobre respuestas observables. Su aporte es distinguir la variabilidad atribuible a condiciones elegidas de otras fuentes de dispersión. En una práctica de fabricación aditiva puede ayudar a comparar parámetros bajo una regla común de medición. El estudiante debe identificar factores, niveles y respuestas antes de interpretar diferencias; sin esa preparación, una comparación de prototipos

puede confundir cambios de proceso con efectos de material o geometría. (Unzueta & Eguren, 2023).

Evidencia de aprendizaje. Producción o actuación del estudiante que permite valorar un resultado formativo. Puede adoptar la forma de un cálculo justificado, una defensa oral, un registro experimental, un plano revisable o una decisión documentada. Su calidad depende de la relación con lo que se pretende comprobar. En ingeniería no basta con reunir entregables numerosos: es preferible una selección de pruebas que permita distinguir dominio del procedimiento, comprensión conceptual, validación del resultado y reconocimiento de límites. (Sánchez et al., 2024).

Fabricación aditiva. Familia de procesos en los que un objeto se construye mediante adición sucesiva de material, de acuerdo con información digital. Cada tecnología presenta restricciones particulares de orientación, soporte, resolución y propiedades resultantes. La utilidad pedagógica no reside solo en producir piezas rápidas, sino en contrastar la intención geométrica con un resultado físico que requiere inspección. En cursos de diseño, permite discutir por qué dos componentes de apariencia similar

pueden mostrar desempeños distintos según el proceso y el material. (Guvendiren, 2026).

Gemelo digital. Representación digital de un sistema físico vinculada con información que permite actualizar o contrastar su estado. No toda simulación o modelo tridimensional constituye un gemelo digital; la relación con datos del sistema y el propósito de seguimiento son elementos relevantes. En docencia conviene definir qué magnitudes se observan, cómo se obtienen y con qué frecuencia se actualizan. Sin datos confiables, la complejidad visual del modelo no mejora necesariamente la capacidad de tomar decisiones. (Boluda-Prieto et al., 2026).

Industria 5.0. Enfoque que incorpora de forma explícita la centralidad de las personas, la sostenibilidad y la resiliencia a la transformación tecnológica industrial. No se presenta como sustituto inmediato de todos los principios de automatización anteriores. En la formación mecánica permite preguntar cómo una tecnología afecta seguridad, reparación, organización del trabajo y consumo de recursos. Su incorporación pedagógica requiere problemas en los que esos criterios intervengan en decisiones

técnicas verificables, no una mención decorativa en los objetivos de la asignatura. (Boluda-Prieto et al., 2026).

Incertidumbre de medición. Parámetro que caracteriza la dispersión de valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud a partir de la información disponible. No significa que una medición sea inútil, sino que el valor informado tiene límites de confianza que requieren interpretación. En un laboratorio docente debe relacionarse con resolución, repetibilidad, calibración y condiciones de ensayo. Cuando faltan datos para una estimación formal, lo correcto es declarar esa insuficiencia antes que producir una cifra sin fundamento. (Pataro et al., 2025).

Internet de las cosas industrial. Conjunto de dispositivos, sensores y sistemas conectados que intercambian información sobre procesos y equipos productivos. Su utilidad depende de la calidad de las mediciones, de la interoperabilidad y de un propósito definido de operación o mantenimiento. En ingeniería mecánica puede apoyar el seguimiento de temperatura o vibración, pero exige enseñar unidades, muestreo, fallas de comunicación y evaluación de datos. La conectividad no convierte

automáticamente una señal en evidencia confiable de una condición de máquina. (Cruz-Alcantar et al., 2026).

Laboratorio de realidad mixta. Ambiente de enseñanza que combina componentes físicos con representaciones virtuales durante una tarea experimental. Puede facilitar la visualización de variables o relaciones que no se observan directamente, aunque no elimina los límites del dispositivo ni la necesidad de un protocolo. Su pertinencia debe analizarse a partir de la tarea, las habilidades examinadas y las condiciones de acceso. La representación inmersiva es un medio de aprendizaje, no una prueba de superioridad pedagógica en cualquier contexto. (Guajardo-Cuéllar et al., 2025).

Laboratorio virtual. Entorno computacional que representa equipos o fenómenos para practicar procedimientos, explorar parámetros y analizar resultados. Sus posibilidades dependen del modelo y de la interacción ofrecida. Puede preparar a estudiantes para un ensayo presencial o ampliar el acceso a ciertas experiencias, pero no demuestra necesariamente habilidades de manipulación física. La evaluación debe distinguir conocimiento

conceptual, manejo de la interfaz y destrezas prácticas que requieren instrumentos reales. (Viitaharju et al., 2025).

Mantenimiento basado en condición. Estrategia que utiliza información del estado de un equipo para apoyar decisiones de inspección o intervención. Puede incorporar vibración, temperatura, presión u otras magnitudes apropiadas al modo de falla. En educación interesa explicar la relación entre señal, criterio diagnóstico y consecuencia operativa. Una alarma no constituye un diagnóstico por sí sola: debe interpretarse de acuerdo con sensores, tendencias, condiciones de servicio y limitaciones del procedimiento de análisis. (Cruz-Alcantar et al., 2026).

Malla de elementos finitos. Discretización geométrica empleada para aproximar el comportamiento de un continuo mediante elementos y nodos. Su resolución afecta el costo computacional y puede influir en ciertas magnitudes calculadas. Una malla más fina no compensa condiciones de frontera incorrectas. En actividades docentes conviene comparar niveles razonables de refinamiento, explicar qué respuesta se observa y contrastar el resultado con estimaciones físicas para desarrollar criterio de

convergencia y evitar confianza excesiva en la imagen de la simulación. (Afify et al., 2024).

Metrología. Campo que estudia las mediciones y sus condiciones de validez. Abarca instrumentos, unidades, métodos, calibración y estimación de incertidumbre. En la enseñanza de ingeniería mecánica permite relacionar tolerancias de diseño con capacidad real de inspección. Una especificación dimensional carece de aplicación práctica si no se reconoce cómo será comprobada. La competencia metrológica incluye seleccionar instrumentos adecuados y documentar los factores que pueden afectar una lectura. (Prabhu et al., 2025).

Optimización topológica. Conjunto de métodos para distribuir material en un dominio de diseño bajo objetivos y restricciones definidos. La geometría obtenida depende de las cargas, apoyos, propiedades y condiciones de fabricación utilizadas. En una experiencia formativa debe explicarse que el resultado no es automáticamente fabricable ni seguro. Es necesario revisar sensibilidad, detalle geométrico, proceso productivo y verificación. La herramienta es valiosa cuando conecta principios

de mecánica con decisiones de diseño y manufactura. (Afify et al., 2024).

Portafolio técnico. Colección organizada de evidencias que documenta la evolución de un aprendizaje o proyecto. Puede incluir propuestas iniciales, cálculos, versiones CAD, registros de ensayo, observaciones de revisión y decisiones finales. Su función no es acumular archivos, sino permitir examinar cambios en la calidad del razonamiento. En ingeniería resulta útil cuando cada evidencia mantiene una explicación de su propósito y se vincula con resultados de aprendizaje identificables, de modo que un evaluador pueda reconstruir el proceso. (Zambrano & Hernandez, 2026).

Prototipo funcional. Materialización parcial o completa de una solución diseñada para examinar características determinadas. No tiene que reproducir todas las condiciones del producto final: su utilidad depende de la pregunta que se desea responder. Un prototipo geométrico puede servir para revisar montaje, pero no demostrar resistencia en servicio. La enseñanza debe pedir al estudiante que declare qué atributo pretende comprobar y qué

límites impiden generalizar el resultado a otras condiciones de funcionamiento. (To et al., 2025).

Rúbrica analítica. Instrumento de valoración que separa criterios de desempeño y describe niveles observables para cada uno. En proyectos mecánicos puede distinguir interpretación del problema, consistencia del modelo, validación, seguridad y comunicación. Una rúbrica no mejora automáticamente la enseñanza si sus descriptores son vagos o premian solo el resultado final. Su utilidad aparece cuando orienta retroalimentación concreta, permite revisar errores y mantiene correspondencia con los objetivos declarados de la actividad. (Roig et al., 2026).

Seguridad operativa. Conjunto de decisiones y prácticas orientadas a reducir riesgos durante la operación, inspección y mantenimiento de equipos. Incluye identificar peligros, considerar modos de falla, establecer límites y utilizar procedimientos adecuados. En la formación mecánica debe presentarse como criterio de diseño y ensayo, no como una lista descontextualizada al comienzo del curso. La evidencia de aprendizaje debe mostrar

qué riesgo se reconoció y por qué la medida propuesta responde al funcionamiento real del sistema. (Raoufi & Haapala, 2024).

Sostenibilidad del ciclo de vida. Enfoque que considera efectos de materiales, fabricación, operación, mantenimiento y fin de vida dentro de límites de análisis declarados. No permite afirmar automáticamente que un componente ligero o reciclable sea superior en todos los impactos. En educación interesa enseñar a comparar alternativas con información verificable y explicar los compromisos entre desempeño, energía, durabilidad y reparación. La ausencia de datos debe registrarse como límite del análisis y no completarse mediante valores inventados. (Hąbek et al., 2024).

Validación del modelo. Proceso por el cual se examina si una representación es suficientemente adecuada para el propósito y las condiciones de aplicación previstos. Puede utilizar cálculos independientes, datos experimentales y comparación de tendencias, pero no equivale a demostrar exactitud universal. En ingeniería mecánica, validar exige reconocer la diferencia entre verificar que el programa resolvió correctamente una formulación y comprobar que esa formulación representa el fenómeno real. La

docencia debe explicar ambos niveles y sus límites. (Patrignani et al., 2026).

REFERENCIAS

Afify, M., Moubachir, Y., Guennoun, Z., & Hassar, J. (2024). A hybrid CAD/CAE/CAM project-based laboratory framework integrating topology optimization and laser powder bed fusion for engineering education. Computer Applications in Engineering Education, 32(3), e22745. https://doi.org/10.1002/cae.22745

Alhassani, F., Saleem, M. R., & Messner, J. (2025). Integrating sustainability in engineering: A global review. Sustainability, 17(15), 6930. https://doi.org/10.3390/su17156930

Boluda-Prieto, M., Lario, J., Esteso, A., & Ortiz, A. (2026). A challenge-based learning experience for teaching Industry 5.0 in management engineering education. Education Sciences, 16(8), 1286. https://doi.org/10.3390/educsci16081286

Cruz-Alcantar, P., Figueroa-Diaz, R. A., Balvantín-García, A. J., Rojas-Ramírez, S. R., García-Pérez, O. A., Compeán-Martinez, I., & Terrones-Gurrola, M. C. R. (2026). A competency-based educational methodology for smart maintenance: Integrating condition monitoring, IoT, and

generative artificial intelligence. Education Sciences, 16(8), 1287. https://doi.org/10.3390/educsci16081287

Guajardo-Cuéllar, A., Corona-Echauri, R., Meza-Flores, R. A., Vázquez, C. R., Rodríguez-Arreola, A., & Navarro-Gutiérrez, M. (2025). Mixed reality laboratory for teaching control concepts: Design, validation, and implementation. Education Sciences, 15(7), 883. https://doi.org/10.3390/educsci15070883

Guo, G. (2025). Enhancing project-based manufacturing education with integrated engineering software tools. Computer Applications in Engineering Education, 33(2), e70012. https://doi.org/10.1002/cae.70012

Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabalo, E., Arregi, N., & Guisasola, J. (2025). Influence on students' learning in a problem- and project-based approach to implement STEM projects in engineering curriculum. Education Sciences, 15(5), 534. https://doi.org/10.3390/educsci15050534

Guvendiren, M. (2026). Implementing 3D printing in engineering education: Development and assessment of an integrated

lecture–laboratory course. Education Sciences, 16(7), 988. https://doi.org/10.3390/educsci16070988

Hu, T., Wang, Y., & Wang, J. (2026). Research on the concrete teaching of abstract theories in the “Fundamentals of Mechanical Engineering Control” course empowered by generative artificial intelligence. Computer Applications in Engineering Education, 34(3), e70184. https://doi.org/10.1002/cae.70184

Huerta-Gomez-Merodio, M., & Requena-Garcia-Cruz, M.-V. (2025). Integrating theory and practice in engineering education: A cross-curricular and problem-based methodology. Education Sciences, 15(9), 1253. https://doi.org/10.3390/educsci15091253

Hąbek, P., Palacz, M., & Saeed, F. (2024). Embedding sustainability into mechanical engineering master programs—A case study of the top technical universities in Europe. Sustainability, 16(2), 941. https://doi.org/10.3390/su16020941

Kafadarova, N., Stoyanova-Petrova, S., & Stoyanova, D. (2026). Research-based learning in engineering education: A case

study. Education Sciences, 16(1), 59. https://doi.org/10.3390/educsci16010059

Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P.-J., & Terrón-López, M.-J. (2024). Project-based learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature. Education Sciences, 14(6), 617. https://doi.org/10.3390/educsci14060617

Layedra, N., Pástor, D., Veloz, G., & Palacios, D. (2025). Aplicación del aprendizaje electrónico (e-learning) en la enseñanza de cursos de grado, posgrado y educación continua: Una revisión sistemática de literatura. Formación Universitaria, 18(2). https://doi.org/10.4067/S0718-50062025000200035

Ledezma-Ramírez, D. F. (2025). Enhancing the learning process in structural dynamics through Jupyter notebooks: A project-based learning approach. Computer Applications in Engineering Education, 33(2), e22814. https://doi.org/10.1002/cae.22814

Liu, J., Zhong, Y., & Gu, C. (2026). Enhancing work-readiness through scaffolding and cognitive transfer in CAD education: A

twelve-year reflective case study. Education Sciences, 16(7), 992. https://doi.org/10.3390/educsci16070992

Liu, Y., Cui, Y., & Fan, Q. (2026). From generalist to specialist: Quantifying the structural evolution of mechanical engineering curricula using a domain-aware fuzzy-vector model. Computer Applications in Engineering Education, 34(3), e70188. https://doi.org/10.1002/cae.70188

López, G., Debeluck-Plentz, N., Piñones-Zuleta, E., & Briede-Westermeyer, J. C. (2026). Evaluación del desarrollo de competencias a través de proyectos universitarios de impacto social en una carrera de ingeniería en Chile. Formación Universitaria, 19(2). https://doi.org/10.4067/S0718-50062026000200215

Messina, M., Ingrassia, T., Mirulla, A. I., Pipitone, E., Ricotta, V., & Cirello, A. (2026). Usability assessment of augmented reality applications for fluid machinery education. Education Sciences, 16(9), 1414. https://doi.org/10.3390/educsci16091414

Mosquera-Navarro, R., Contreras-Pacheco, O. E., & Parra Osorio, L. (2025). Enseñanza de la ergonomía a través del uso

de Chat GPT en la ingeniería industrial. Formación Universitaria, 18(1). https://doi.org/10.4067/S0718-50062025000100043

Pataro, I. M. L., Gil, J. D., Guzmán, J. L., & Berenguel, M. (2025). Virtual laboratory for control education using a solar collector field system. Computer Applications in Engineering Education, 33, e70077. https://doi.org/10.1002/cae.70077

Patrignani, L., Venetsanos, D. T., & Pinho, S. T. (2026). A structured virtual reality laboratory methodology for teaching structural mechanics to undergraduate engineers. Computer Applications in Engineering Education, 34(5), e70261. https://doi.org/10.1002/cae.70261

Pereira, R. B., da Costa, F. R., da Costa, L. R., Moraes, L. E. F., Janzen, B., Feitosa, V. M., & Janzen, J. G. (2025). Enhancing engineering education in transport phenomena through project-based learning with a nature-based solution approach. Education Sciences, 15(8), 1050. https://doi.org/10.3390/educsci15081050

Pintilie, I., Glodean, D., & Lapusan, C. (2026). Development of a virtual laboratory stand using Simscape for mechatronic

engineering education. Education Sciences, 16(9), 1460. https://doi.org/10.3390/educsci16091460

Prabhu, R., Mendonca, S., Bellairu, P. K., & Shiri, N. D. (2025). Enhancing engineering education through mini project-based learning in computer integrated manufacturing laboratory: A student-centric approach. Innovations in Education and Teaching International, 62(3), 971–985. https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2362260

Ramírez de Dampierre, M., Gaya-López, M. C., & Lara-Bercial, P. J. (2024). Evaluation of the implementation of project-based-learning in engineering programs: A review of the literature. Education Sciences, 14(10), 1107. https://doi.org/10.3390/educsci14101107

Raoufi, K., & Haapala, K. R. (2024). A case study on the operational performance evaluation of a manufacturing process and system (MaPS) sustainability analysis tool for engineering education. Sustainability, 16(14), 5856. https://doi.org/10.3390/su16145856

Rodríguez-Borges, C. G., Ramos Alfonso, Y., Vanga Arvelo, M. G., & Pérez-Rodríguez, J. A. (2024). Análisis de la formación

en investigación de estudiantes de pregrado de ingeniería industrial. Formación Universitaria, 17(3), 107–116. https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000300107

Roig, P. J., Alcaraz, S., Gilly, K., Bernad, C., & Juiz, C. (2026). Combining active learning methodologies in a STEM-related course: A case study. Education Sciences, 16(5), 740. https://doi.org/10.3390/educsci16050740

Sharifkhani, M., Davidson, J., Walsh, C., Evans-Freeman, J., Brown, C., & MacCallum, K. (2025). Exploring the pedagogical implications of virtual labs: A case study of the Ward Design Project. Computer Applications in Engineering Education, 33(3), e70016. https://doi.org/10.1002/cae.70016

Silva-Quiroz, J., González-Campos, J., Garrido-Miranda, J., & Canales-Reyes, R. (2024). Variables que influyen en el grado de logro de la competencia digital (GLCD) de estudiantes universitarios. Formación Universitaria, 17(6). https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000600121

Sánchez, I. R., Herrera, E. del C., & Pulgar, J. A. (2024). Análisis de prácticas pedagógicas en la enseñanza de física general: Un enfoque por competencias bajo estructura modular en

carreras de ingeniería. Formación Universitaria, 17(5). https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000500139

Tierney, G. (2025). A Python-based automation script to mark computer-aided design assessments. Applied Sciences, 15(3), 1203. https://doi.org/10.3390/app15031203

To, T. T., Al Mahmud, A., & Ranscombe, C. (2025). A framework for integrating additive manufacturing into engineering education: Perspectives of students and educators. European Journal of Engineering Education, 50(2), 298–319. https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2358368

Tsutsumi, H. (2025). Community-integrated project-based learning for interdisciplinary engineering education: A mechatronics case study of a rideable 5-inch gauge railway. Education Sciences, 15(7), 806. https://doi.org/10.3390/educsci15070806

Tu, B., Wang, G., Liu, L., He, H., & Wei, T. (2026). Development and practice of an AI-enabled smart teaching model in basic mechanics education. Computer Applications in Engineering Education, 34, e70191. https://doi.org/10.1002/cae.70191

Unzueta, G., & Eguren, J. A. (2023). Implementation of project-based learning for design of experiments using 3D printing. Journal of Industrial Engineering and Management, 16(2), 263–274. https://doi.org/10.3926/jiem.5254

Vempala, V., Nielsen, H. N., Mosyjowski, E. A., Mondisa, J.-L., Daly, S. R., & Lattuca, L. R. (2026). Examining industrial engineering students' perceptions of course skills and knowledge and alignment with their interests. Education Sciences, 16(8), 1236. https://doi.org/10.3390/educsci16081236

Viadero-Monasterio, F., Gutiérrez-Moizant, R. A., Meléndez-Useros, M., & García-Pozuelo Ramos, D. (2026). Integrating generative AI in engineering education: Enhancing learning and attendance in a vehicle theory course. Education Sciences, 16(2), 239. https://doi.org/10.3390/educsci16020239

Viitaharju, P., Linnera, J., Nieminen, M., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J. (2025). Differences between experiencing a virtual laboratory with a virtual reality headset or a laptop. Computer

Applications in Engineering Education, 33(3), e70043. https://doi.org/10.1002/cae.70043

Zambrano, C., & Hernandez, C. (2026). Percepción de estudiantes de ingeniería respecto a la autorregulación del aprendizaje. Formación Universitaria, 19(2). https://doi.org/10.4067/S0718-50062026000200057

Zhao, Y., Dong, H., & Zhang, X. (2026). Fostering technical and sustainability competencies through an integrated PBL approach in an undergraduate mechanical vibration course. Sustainability, 18(5), 2660. https://doi.org/10.3390/su18052660

INGENIERÍA • EDUCACIÓN SUPERIOR

Del fundamento físico a la decisión de diseño

La enseñanza de la ingeniería mecánica requiere algo más que memorizar ecuaciones o manejar programas de diseño. Exige comprender fenómenos físicos, formular problemas, contrastar resultados y justificar decisiones que afectan al funcionamiento, la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas técnicos.

Esta obra articula los fundamentos didácticos de la formación ingenieril con el diseño asistido por computadora, la experimentación en laboratorios y la evaluación de competencias profesionales. El aprendizaje se plantea como una relación constante entre teoría, modelado, medición y reflexión crítica.

Organizado en cuatro unidades, el libro ofrece criterios para planificar experiencias formativas, interpretar evidencias experimentales y fortalecer la autonomía técnica de los futuros ingenieros.

DIDÁCTICA DISEÑO LABORATORIO COMPETENCIAS

ISBN: 978-9907-851-10-6