

# Explorando la Manufactura Asistida por Computadora: De Fundamentos a la Industria 4.0

Ingeniería | Ingeniería mecatrónica | Diseño Universal para el Aprendizaje

## Descripción

Este plan de clase está diseñado para estudiantes universitarios de Ingeniería Mecatrónica con el propósito de introducirlos y profundizar en el conocimiento de la Manufactura Asistida por Computadora (CAM). A lo largo de seis sesiones intensivas, los estudiantes explorarán desde los fundamentos de la manufactura mecánica hasta las complejas máquinas CNC, la programación con códigos G y M, y los procesos de manufactura sustractiva y aditiva. Además, se abordarán los materiales utilizados en fabricación y el estado actual de la manufactura en el entorno industrial, incluyendo la integración con tecnologías de la Industria 4.0.

Este conocimiento es fundamental para su desarrollo profesional, permitiéndoles entender cómo se transforman los diseños digitales en productos físicos mediante procesos automatizados y controlados por computadora. El plan conecta con su vida real al mostrar aplicaciones prácticas en la industria moderna, donde la manufactura CAM es clave para la eficiencia, precisión y competitividad. Se promueve un aprendizaje activo, centrado en el estudiante, y se atiende la diversidad del aula mediante el Diseño Universal para el Aprendizaje, ofreciendo múltiples formas de representación, expresión y motivación para garantizar una experiencia inclusiva y efectiva.

## Objetivos de Aprendizaje

- Analizar los fundamentos de la manufactura en el campo mecánico y su evolución hacia la manufactura asistida por computadora.
- Describir el funcionamiento y componentes principales de las máquinas CNC y su programación mediante códigos G y M.
- Comparar los procesos de manufactura sustractiva y aditiva, identificando sus ventajas, limitaciones y aplicaciones.
- Evaluar diferentes materiales utilizados en fabricación y su influencia en los procesos de manufactura CAM.
- Argumentar sobre el estado actual de la manufactura en el entorno industrial y su integración con tecnologías emergentes.

## Recursos Necesarios

- Computadoras con software de simulación CAM (ejemplo: Fusion 360, Mastercam, o SolidCAM) – 1 por estudiante o por pareja
- Máquina CNC (si es posible, para demostración física) o videos demostrativos de funcionamiento
- Proyector multimedia y pantalla para presentaciones y videos

- Materiales impresos: manuales básicos de códigos G y M, fichas técnicas de materiales de fabricación
- Videos explicativos sobre manufactura sustractiva y aditiva
- Conexión a internet para acceso a recursos digitales y tutoriales en línea
- Tablero para lluvia de ideas y rotuladores
- Plantillas para organizadores gráficos y mapas mentales

## Requisitos Previos

- Conocimientos básicos en mecánica y procesos de fabricación
- Familiaridad con conceptos de programación básica
- Habilidades en el manejo básico de computadoras y software CAD
- Comprensión previa de materiales industriales comunes

## Actividades

### Sesión 1: Fundamentos de la Manufactura Mecánica y Introducción a CAM

#### Fase de Inicio

**Tiempo estimado: 30 minutos**

#### Propósito de la sesión:

Presentar a los estudiantes los fundamentos de la manufactura mecánica y contextualizar la importancia de la Manufactura Asistida por Computadora, preparando el terreno para el aprendizaje de las máquinas CNC y su programación.

#### Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Presenta una pregunta detonadora: "¿Cómo creen que pasó de un diseño en papel a una pieza mecánica precisa y compleja en la industria actual?"
- **Estudiantes:** Responden mediante lluvia de ideas breve (5 minutos), anotando sus respuestas en el tablero.

#### Motivación y enganche:

**Docente:** Muestra un video de 5 minutos que exhibe el proceso de fabricación de una pieza mecánica utilizando máquinas CNC en una planta moderna, destacando la precisión y velocidad.

**Estudiantes:** Observan y anotan aspectos que les llaman la atención o que desean aprender.

#### Contextualización:

**Docente:** Explica la conexión de CAM con la realidad del sector industrial y su impacto en la innovación tecnológica y competitividad. Ejemplifica con casos recientes en la industria automotriz y aeroespacial.

**Estudiantes:** Reflexionan sobre cómo esta tecnología puede influir en su futuro profesional y académicos.

## **Fase de Desarrollo**

**Tiempo estimado: 190 minutos**

### **Presentación del contenido:**

**Docente:** Introduce los fundamentos de la manufactura mecánica con apoyo visual (presentación multimedia), explicando conceptos básicos como procesos de mecanizado, tipos de máquinas y evolución hacia CAM.

### **Actividades de aprendizaje activo:**

#### **Actividad 1: Mapa conceptual colaborativo sobre fundamentos de manufactura**

- **Objetivo:** Analizar los fundamentos de la manufactura en el campo mecánico.
- **Instrucciones:** En grupos de 4, los estudiantes crean un mapa conceptual en papel o digital sobre los procesos básicos de manufactura y su evolución hacia CAM.
- **Organización:** Grupos de 4
- **Producto:** Mapa conceptual completo y presentaciones breves (5 minutos) por grupo.
- **Tiempo:** 50 minutos
- **Rol docente:** Facilita, guía con preguntas como "¿Qué procesos conocen? ¿Cómo creen que la tecnología ha impactado estos procesos?" y apoya con recursos.

#### **Actividad 2: Análisis de video y debate sobre ventajas de CAM**

- **Objetivo:** Argumentar la importancia y ventajas de la manufactura asistida por computadora.
- **Instrucciones:** Visualizan un segundo video de 10 minutos sobre aplicaciones de CAM en la industria; posteriormente, en plenaria, discuten las ventajas y posibles retos.
- **Organización:** Plenaria
- **Producto:** Listado colectivo de ventajas y desafíos, registrado en el tablero.
- **Tiempo:** 40 minutos
- **Rol docente:** Modera el debate, fomenta la participación y sintetiza ideas principales.

#### **Actividad 3: Ejercicio práctico - identificación de máquinas CNC y sus partes**

- **Objetivo:** Describir máquinas CNC y sus componentes básicos.
- **Instrucciones:** Se presentan imágenes y diagramas de diferentes máquinas CNC. Los estudiantes, en parejas, etiquetan partes y funciones usando una plantilla.
- **Organización:** Parejas
- **Producto:** Plantilla completada con etiquetas y funciones.

- **Tiempo:** 50 minutos
- **Rol docente:** Responde dudas, proporciona retroalimentación inmediata y verifica comprensión.

### **Diferenciación:**

- Para estudiantes que terminan antes: propuesta de investigación breve sobre un tipo específico de máquina CNC y compartir hallazgos.
- Para estudiantes con dificultades: ofrecer apoyo adicional con material audiovisual simplificado y asistencia directa durante actividades prácticas.

### **Transición:**

**Docente:** Resume lo aprendido y plantea el siguiente desafío: "Ahora que conocen las máquinas CNC, ¿cómo creen que se controla su movimiento? En la próxima sesión aprenderemos sobre la programación con códigos G y M."

## **Fase de Cierre**

### **Tiempo estimado: 20 minutos**

### **Síntesis:**

Los estudiantes elaboran un "ticket de salida" en el que escriben tres conceptos clave aprendidos y una pregunta que tengan sobre CAM.

### **Reflexión metacognitiva:**

- ¿Cómo relacionan los fundamentos de manufactura con la tecnología CAM?
- ¿Qué aspecto de las máquinas CNC les parece más relevante para su carrera?
- ¿Qué esperan aprender sobre programación CNC en la próxima sesión?

### **Retroalimentación:**

**Docente:** Recoge los tickets, ofrece comentarios generales y selecciona preguntas para abordar al inicio de la siguiente sesión.

### **Transferencia:**

**Docente:** Explica cómo la programación con códigos G y M es la clave para operar máquinas CNC, anticipando la siguiente sesión.

### **Tarea o reto:**

Investigar y traer un ejemplo de código G o M utilizado en la industria.

## **Sesión 2: Programación CNC con Códigos G y M**

### **Fase de Inicio**

**Tiempo estimado: 20 minutos**

**Propósito de la sesión:**

Repasar brevemente lo aprendido y presentar los fundamentos de la programación CNC con códigos G y M.

**Activación de conocimientos previos:**

- **Docente:** Pregunta: "¿Qué saben sobre la forma en que una máquina CNC recibe instrucciones para trabajar?"
- **Estudiantes:** Responden y comparten ejemplos o dudas.

**Motivación y enganche:**

**Docente:** Muestra un video corto donde se ve el código G en acción y su impacto en la precisión del mecanizado.

**Contextualización:**

**Docente:** Explica que la programación CNC es el lenguaje que traduce diseños digitales en movimientos precisos de máquinas, fundamental para la automatización.

**Fase de Desarrollo**

**Tiempo estimado: 210 minutos**

**Presentación del contenido:**

Explicación guiada de los códigos G y M más comunes, con ejemplos prácticos y plantillas de códigos.

**Actividad 1: Decodificando códigos G y M**

- **Objetivo:** Describir el significado y función de códigos G y M básicos.
- **Instrucciones:** En parejas, analicen un listado de códigos y expliquen en sus palabras qué hacen.
- **Organización:** Parejas
- **Producto:** Resumen escrito y presentación oral breve.
- **Tiempo:** 60 minutos
- **Rol docente:** Facilita comprensión, responde dudas y provee ejemplos adicionales.

**Actividad 2: Simulación de programación CNC**

- **Objetivo:** Aplicar la programación básica en software de simulación CAM.
- **Instrucciones:** Individualmente, los estudiantes crean un programa básico para una pieza simple y simulan su mecanizado.
- **Organización:** Individual
- **Producto:** Archivo de simulación y captura de pantalla del programa.
- **Tiempo:** 90 minutos

- **Rol docente:** Supervisa, da retroalimentación y ayuda técnica.

### **Actividad 3: Ejercicio de corrección de código**

- **Objetivo:** Evaluar y corregir errores comunes en códigos CNC.
- **Instrucciones:** En grupos de 3, revisan un código con errores y presentan las correcciones.
- **Organización:** Grupos de 3
- **Producto:** Código corregido y explicación escrita.
- **Tiempo:** 60 minutos
- **Rol docente:** Orienta y evalúa la precisión de las correcciones.

### **Diferenciación:**

- Estudiantes avanzados: retos de programación más complejos con códigos extendidos.
- Estudiantes que requieran apoyo: tutoriales asistidos y ejemplos guiados en software.

### **Transición:**

Preparación para la próxima sesión sobre manufactura sustractiva y aditiva.

### **Fase de Cierre**

#### **Tiempo estimado: 10 minutos**

### **Síntesis:**

Resumen grupal de los códigos G y M aprendidos con apoyo visual.

### **Reflexión metacognitiva:**

- ¿Cómo influye la programación en la precisión del mecanizado?
- ¿Qué dificultades encontraron al simular los códigos?
- ¿Cómo aplicarán estos conocimientos en su formación profesional?

### **Retroalimentación:**

Comentarios generales y aclaración de dudas.

### **Transferencia:**

Introducción a la manufactura sustractiva y aditiva para próxima sesión.

### **Tarea:**

Preparar un breve informe sobre diferencias entre manufactura sustractiva y aditiva.

## **Sesión 3: Manufactura Sustractiva y Aditiva: Teoría y Práctica**

## Sesión 4: Materiales para Fabricación y su Influencia en CAM

## Sesión 5: Estado Actual y Tendencias en Manufactura Industrial

## Sesión 6: Integración, Síntesis y Cierre

### Evaluación

#### Tipo de evaluación:

- **Diagnóstica:** Al inicio de la sesión 1, mediante la lluvia de ideas y preguntas detonadoras para conocer conocimientos previos.
- **Formativa:** Durante todas las sesiones, especialmente en actividades prácticas y debates; con retroalimentación continua.
- **Sumativa:** En la sesión 6, mediante la presentación final de un proyecto integrador que incluya programación CNC, selección de materiales y análisis de procesos.

#### Criterios de evaluación:

- Capacidad para analizar fundamentos y describir máquinas CNC (Objetivo 1 y 2).
- Precisión en la programación y comprensión de códigos G y M (Objetivo 2).
- Comparación crítica entre procesos sustractivos y aditivos (Objetivo 3).
- Evaluación adecuada de materiales para manufactura (Objetivo 4).
- Argumentación fundamentada sobre el estado industrial y tendencias (Objetivo 5).

#### Instrumentos sugeridos:

- Rúbrica para evaluación de proyectos y presentaciones.
- Lista de cotejo para actividades prácticas y simulaciones.
- Observación directa durante debates y trabajo en equipo.
- Autoevaluación y coevaluación para fomentar reflexión y trabajo colaborativo.
- Portafolio digital con evidencias de actividades y simulaciones.

#### Evidencias de aprendizaje:

- Mapas conceptuales y resúmenes escritos sobre fundamentos y máquinas CNC.
- Programas y simulaciones realizados en software CAM.
- Informes comparativos de procesos sustractivos y aditivos.
- Análisis de materiales y selección aplicada en proyectos.
- Presentación oral y escrita del proyecto integrador final.

### Enriquecimientos

#### Desarrollo - Ejemplos

**Ejemplos Prácticos y Casos de Estudio para el Plan de Clase sobre Manufactura Asistida por Computadora (CAM)**

Los ejemplos y casos de estudio propuestos están diseñados para ser aplicados a lo largo de las 6 sesiones de 4 horas, facilitando la comprensión progresiva de los temas y promoviendo la participación activa de los estudiantes, en coherencia con la metodología del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

| Sesión | Temas Principales                         | Ejemplos Prácticos                                                                                                                                                                                                                                   | Casos de Estudio                                                                                                                                                                        |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Fundamentos de manufactura y máquinas CNC | <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación y clasificación de diferentes máquinas CNC en un taller virtual o real.</li><li>• Simulación de trayectorias básicas de mecanizado usando software CAD/CAM.</li></ul>                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis de la implementación de una fresadora CNC en una empresa mediana, evaluando mejoras en productividad y precisión.</li></ul>            |
| 2      | Programación con códigos G y M            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Escritura y simulación de códigos G y M para piezas simples (por ejemplo, un soporte o una placa perforada).</li><li>• Ejercicios de corrección de códigos erróneos para entender errores comunes.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Estudio de caso sobre optimización de programas CNC para reducir tiempos de mecanizado en la fabricación de componentes automotrices.</li></ul> |
| 3      | Manufactura sustractiva                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño y fabricación virtual o física (en taller) de una pieza sencilla mediante fresado o torneado sustractivo.</li><li>• Análisis de selección de herramientas y parámetros de corte.</li></ul>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Revisión de caso real donde la manufactura sustractiva fue clave para la producción de moldes industriales con alta precisión.</li></ul>        |
| 4      | Manufactura aditiva                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño y simulación de impresión 3D de una pieza mecánica funcional, considerando propiedades del material.</li><li>• Comparación entre manufactura aditiva y sustractiva para la misma pieza.</li></ul>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Estudio de caso sobre la aplicación de impresión 3D para prototipos rápidos en la industria aeroespacial.</li></ul>                             |

| Sesión | Temas Principales                               | Ejemplos Prácticos                                                                                                                                                                                                                                                   | Casos de Estudio                                                                                                                                                                              |
|--------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5      | Materiales para la fabricación                  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Selección de materiales para un proyecto de fabricación considerando propiedades mecánicas, térmicas y económicas.</li><li>• Pruebas comparativas de materiales mediante simulaciones o muestras físicas.</li></ul>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis de caso donde la elección del material impactó en la durabilidad y costo de producción en la fabricación de componentes mecánicos.</li></ul> |
| 6      | Estado actual de la manufactura e Industria 4.0 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Simulación de integración de sensores y sistemas IoT en una línea de producción CNC para monitoreo en tiempo real.</li><li>• Diseño colaborativo de un flujo de trabajo digitalizado para manufactura inteligente.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Estudio de caso sobre la implementación de sistemas CAM integrados con robótica y Big Data en una planta de manufactura avanzada.</li></ul>           |

Consideraciones para la Metodología Diseño Universal para el Aprendizaje

- **Múltiples medios de representación:** Proveer los ejemplos prácticos y casos de estudio tanto en formatos escritos, gráficos, videos y simulaciones interactivas para atender diferentes estilos de aprendizaje.
- **Múltiples medios de acción y expresión:** Permitir que los estudiantes elijan entre desarrollar proyectos mediante software CAD/CAM, programación manual o fabricación física en taller, según sus fortalezas y preferencias.
- **Múltiples medios de compromiso:** Incorporar actividades colaborativas, debates sobre los casos de estudio y reflexiones sobre la aplicación real de los conceptos para mantener alta motivación y relevancia.

Estos ejemplos y casos de estudio facilitarán que los estudiantes universitarios comprendan y apliquen los conceptos de manufactura asistida por computadora, promoviendo un aprendizaje activo, significativo y contextualizado con la realidad industrial actual.

Cierre - Sintetizar

Actividad de Síntesis para la Fase de Cierre: "Proyecto Integrador de Manufactura Asistida por Computadora"

**Duración:** 3 horas (parte de la última sesión)

**Objetivo de la Actividad:** Consolidar y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del curso mediante un proyecto integrador en equipo que vincule los fundamentos, el manejo de máquinas CNC, programación con códigos G & M, procesos de manufactura sustractiva y aditiva, selección de materiales, y la visión de la manufactura 4.0 en un contexto industrial real.

**Descripción de la Actividad:**

Los estudiantes trabajarán en equipos de 4 a 5 integrantes para diseñar y planificar la fabricación de una pieza mecánica funcional o prototipo, utilizando los conceptos y habilidades estudiados durante el curso. El equipo deberá justificar la selección del proceso de manufactura (sustractiva o aditiva), los materiales, y proponer una estrategia de programación CNC básica con códigos G & M, considerando aspectos de la Industria 4.0 que puedan optimizar la manufactura.

**Pasos para el desarrollo:**

- **Selección del proyecto:** Cada equipo elige o recibe un diseño de pieza mecánica sencilla (puede ser un componente de un sistema mecatrónico).
- **Análisis de fabricación:** Discuten y deciden el proceso de manufactura más adecuado (sustractiva, aditiva o combinado), y justifican su elección.
- **Selección de materiales:** Eligen materiales apropiados para la pieza considerando propiedades mecánicas y aplicabilidad industrial.
- **Programación básica:** Elaboran un esquema básico de programación con códigos G & M para el mecanizado o impresión 3D de la pieza, destacando comandos clave.
- **Incorporación de Industria 4.0:** Proponen al menos una estrategia o tecnología de manufactura inteligente (sensores, automatización, monitoreo remoto, etc.) para mejorar el proceso.
- **Presentación y discusión:** Preparan una presentación oral de máximo 10 minutos para compartir su proyecto, fundamentos y elección tecnológica con el resto del grupo.

**Recursos y apoyos:**

- Plantilla guía con preguntas clave para cada apartado del proyecto.
- Ejemplos de códigos G & M básicos y manuales.
- Acceso a software de simulación CNC o impresión 3D (si está disponible).
- Material de apoyo visual sobre Industria 4.0 aplicada a manufactura.

**Estrategias de Diseño Universal para el Aprendizaje aplicadas:**

- **Representación múltiple:** Los estudiantes pueden usar esquemas, diagramas, texto o video para diseñar y presentar su proyecto.
- **Acción y expresión:** Permitir que el equipo decida cómo presentar su trabajo (oral, poster digital, infografía, etc.).
- **Compromiso:** Trabajo colaborativo para fomentar la motivación y la interacción social.

**Criterios de evaluación:**

| Criterio                   | Indicador de logro                                                                     |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Comprensión de fundamentos | Explica adecuadamente conceptos básicos de manufactura, máquinas CNC, y códigos G & M. |

| Criterio                          | Indicador de logro                                                                   |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Selección de proceso y materiales | Justifica la elección de proceso y material considerando propiedades y aplicación.   |
| Programación básica               | Presenta un esquema coherente y correcto de programación CNC o impresión 3D.         |
| Integración de Industria 4.0      | Incorpora y explica al menos una estrategia o tecnología de manufactura inteligente. |
| Comunicación y trabajo en equipo  | Realiza presentación clara y organizada; demuestra colaboración efectiva.            |

Con esta actividad, el docente podrá verificar integralmente el logro de los objetivos del plan, promover la aplicación práctica de los aprendizajes y fomentar habilidades de colaboración y comunicación.

## Cierre - Reflexionar

### Preguntas para la reflexión metacognitiva en el cierre del plan de clase

- ¿Cómo describirías el papel de la manufactura asistida por computadora en la transformación de la industria mecánica actual?
- ¿Qué conexiones puedes establecer entre los fundamentos de la manufactura y las tecnologías avanzadas como la Industria 4.0?
- ¿De qué manera la comprensión de los códigos G y M te ayuda a interpretar y programar máquinas CNC con mayor eficacia?
- ¿Cómo compararías las ventajas y limitaciones de la manufactura sustractiva frente a la manufactura aditiva en diferentes aplicaciones?
- ¿Qué criterios utilizarías para seleccionar materiales adecuados para un proyecto de fabricación específico y por qué?
- ¿De qué forma los conceptos aprendidos sobre manufactura asistida por computadora pueden influir en tu desarrollo profesional como ingeniero mecatrónico?
- ¿Qué desafíos anticipas al integrar tecnologías de manufactura avanzada en entornos industriales reales y cómo podrías afrontarlos?

### Actividades de reflexión metacognitiva para el cierre

- **Diario de aprendizaje:** Cada estudiante redactará un breve texto (1-2 páginas) donde explique qué conceptos y habilidades considera que ha adquirido, cuáles le resultaron más complejos y qué estrategias utilizó para superar esas dificultades. Además, incluirán cómo planean aplicar estos conocimientos en su formación o práctica profesional.
- **Discusión en grupos pequeños:** Formar equipos de 3-4 estudiantes para compartir sus respuestas a las preguntas metacognitivas. Cada grupo elaborará un resumen con los puntos clave y posibles dudas restantes para compartir con el resto de la clase, fomentando el aprendizaje colaborativo.

- **Mapa conceptual reflexivo:** Los estudiantes crearán un mapa conceptual que integre los principales temas del curso (fundamentos, CNC, códigos G&M, manufactura sustractiva y aditiva, materiales, Industria 4.0) y agregarán notas personales sobre cómo se relacionan con sus intereses y futuros retos profesionales.
- **Autoevaluación con rúbrica:** Proporcionar una rúbrica que contemple los objetivos de aprendizaje donde cada estudiante se autoevalúe identificando áreas de fortaleza y aspectos a mejorar, justificando sus respuestas con ejemplos concretos de su desempeño durante las sesiones.
- **Plan de acción personal:** Invitar a los estudiantes a diseñar un plan breve donde indiquen qué pasos seguirán para profundizar o consolidar sus conocimientos en manufactura asistida por computadora, incluyendo recursos, tiempos y metas específicas.

## Cierre - Retroalimentar

### Estrategias de Retroalimentación para el Cierre

Para el plan de clase "Explorando la Manufactura Asistida por Computadora: De Fundamentos a la Industria 4.0", se proponen las siguientes estrategias de retroalimentación que permitan a los estudiantes universitarios reflexionar sobre su aprendizaje, identificar fortalezas y áreas de mejora, y consolidar el logro de los objetivos de aprendizaje, siempre de forma constructiva, específica y adecuada a su nivel académico.

- **Retroalimentación basada en rúbricas detalladas:**

Al finalizar actividades prácticas y proyectos (por ejemplo, programación CNC o diseño de piezas), se entregará a los estudiantes una rúbrica clara que describa criterios como precisión técnica, aplicación de códigos G&M, uso adecuado de materiales y comprensión del proceso de manufactura. La retroalimentación se centrará en aspectos específicos donde destacan o requieren mejora, evitando generalidades.

- **Sesión de reflexión guiada en grupo:**

Al cierre de cada sesión, realizar una discusión estructurada donde los estudiantes compartan qué conceptos dominaron, qué dudas persisten y cómo aplicaron los conocimientos en la práctica. El docente ofrecerá retroalimentación específica a partir de las intervenciones, destacando logros y orientando pasos a seguir.

- **Retroalimentación mediante portafolio digital con autoevaluación y coevaluación:**

Los estudiantes documentarán su progreso y resultados en un portafolio digital que incluya evidencias (programas CNC, diseños, informes). Al final de cada módulo, completarán una autoevaluación reflexionando sobre sus aprendizajes y dificultades. Además, compañeros asignados realizarán coevaluación con criterios claros. El docente proporcionará retroalimentación puntual y personalizada basada en ambas evaluaciones.

- **Comentarios individuales con enfoque en mejora continua:**

Para actividades clave (como la simulación de manufactura o análisis de materiales), se entregarán comentarios escritos o verbales que:

- Reconozcan aspectos bien logrados (p.ej., correcta interpretación de códigos G&M).
- Identifiquen áreas específicas para mejorar (p.ej., optimización de tiempos en máquinas CNC).

- Propongan acciones concretas para avanzar (p.ej., revisar documentación técnica, practicar simulaciones adicionales).

- **Uso de preguntas de retroalimentación formativa:**

Al final de cada sesión o tema, el docente planteará preguntas abiertas que inviten a la autoexploración del aprendizaje, tales como:

- ¿Cómo aplicaría los códigos G&M para optimizar un proceso de manufactura sustractiva?
- ¿Qué ventajas y limitaciones identificas en la manufactura aditiva respecto a la sustractiva?
- ¿Cómo integrarías las tecnologías de Industria 4.0 en un entorno de manufactura asistida por computadora?

Se acompañará con feedback que valide las respuestas correctas y corrija conceptos erróneos.

- **Feedback mediante actividades prácticas de simulación con revisión inmediata:**

Durante las sesiones prácticas con software de CAM o simuladores CNC, el docente realizará observaciones en tiempo real, corrigiendo errores técnicos y sugiriendo mejoras, para reforzar el aprendizaje y evitar la interiorización de prácticas incorrectas.

Estas estrategias buscan consolidar el aprendizaje profundo y aplicado, fomentar la autonomía y reflexión crítica, y preparar a los estudiantes para enfrentar retos reales en la manufactura asistida por computadora, alineándose con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje y la naturaleza universitaria del plan.

## **Recomendaciones - Tecnología**

### **Fase de Inicio**

- **Herramienta:** Mentimeter (Sustitución)

Implementación: Usar Mentimeter para realizar la lluvia de ideas con preguntas interactivas en tiempo real. Esto sustituye el uso tradicional del tablero físico, permitiendo que cada estudiante participe desde su dispositivo móvil o laptop.

Contribución a objetivos: Facilita la activación de conocimientos previos y fomenta la participación equitativa, recogiendo ideas sobre el proceso de manufactura y CAM para iniciar la reflexión.

- **Herramienta:** Video educativo de YouTube con función de anotaciones colaborativas (Aumento)

Implementación: Utilizar un video profesional sobre máquinas CNC y manufactura asistida por computadora, con plataformas como Edpuzzle que permite insertar preguntas y notas interactivas durante la visualización.

Contribución a objetivos: Mejora la comprensión al hacer que los estudiantes reflexionen activamente sobre el contenido visualizado, destacando aspectos clave y generando preguntas que preparan para el desarrollo del tema.

### **Fase de Desarrollo**

- **Herramienta:** CmapTools o MindMeister para mapas conceptuales colaborativos (Modificación)

Implementación: En grupos, los estudiantes crean mapas conceptuales digitales sobre los fundamentos de manufactura y CAM, facilitando la colaboración síncrona o asíncrona mediante plataformas accesibles y fáciles de usar.

Contribución a objetivos: Permite un análisis profundo y visual de los conceptos clave, promoviendo la interrelación de ideas, facilitando la comprensión y memorización de los procesos mecánicos y su evolución.

- **Herramienta:** Simulador CNC en línea (ej. CNC Simulator Pro o Fusion 360 CAM Module) (Redefinición)

Implementación: Proporcionar acceso a simuladores donde los estudiantes puedan programar códigos G&M y observar la ejecución virtual de la máquina CNC, experimentando con manufactura sustractiva y aditiva sin necesidad de equipamiento físico inmediato.

Contribución a objetivos: Facilita el aprendizaje activo y práctico, permitiendo que los estudiantes diseñen, programen y validen procesos CAM, lo cual antes era imposible sin máquinas reales; fortalece habilidades técnicas y comprensión de la programación CNC.

## Fase de Cierre

- **Herramienta:** Plataforma de presentación interactiva como Padlet o Jamboard (Aumento)

Implementación: Los estudiantes suben imágenes, conclusiones y reflexiones finales sobre la sesión, compartiendo y comentando las aportaciones de sus compañeros en un espacio digital común.

Contribución a objetivos: Fortalece la reflexión colectiva sobre el aprendizaje alcanzado y permite al docente evaluar comprensión mediante la interacción y discusión en un entorno accesible.

- **Herramienta:** Asistente de IA para generación de resúmenes (ej. ChatGPT o herramientas integradas en plataformas LMS) (Modificación)

Implementación: Los estudiantes utilizan un asistente de IA para sintetizar la información aprendida, generar resúmenes o responder preguntas complejas relacionadas con los conceptos de manufactura y CAM, guiados por el docente para asegurar la calidad y precisión de la información.

Contribución a objetivos: Potencia la metacognición y la capacidad de síntesis, ayudando a consolidar el conocimiento y a preparar material de estudio personalizado; además, promueve el uso responsable de IA en contextos académicos.