



Laboratorio de Sistemas Integrados de Manufactura Profesional

Guía para el profesor
LSMR1818

Contenido

Metodología del curso	3
Temario.....	5
Evaluación	6
Notas de enseñanza por tema.....	7
Evidencia	10

Metodología del curso

Estimado colega:

El presente documento es una guía de lo que debes esperar a lo largo del curso con el fin de poder brindar el apoyo necesario a los estudiantes y acompañarlos durante su aprendizaje. En esta asignatura, puesto que es un laboratorio, algunos alumnos ya están familiarizados con los equipos, las actividades son autoexplicativas y ascendentes en dificultad de manera gradual; y siguiendo la metodología constructivista de la universidad, tu papel como facilitador en algunos casos se verá resumido al de un mentor e inspector.

El curso está diseñado para que los alumnos puedan interactuar con las máquinas la mayoría del tiempo de manera independiente, mientras que el docente solo se dedique a aclarar dudas sobre su utilización, verificación de funcionamiento y sobre todo resguardar la integridad de los alumnos y los equipos.

Las primeras 10 prácticas están dedicadas para que el alumno se familiarice con los equipos CNC y brazo robótico; su funcionamiento, sus limitaciones, su puesta en marcha, su calibración y los aspectos de seguridad relevantes, para posteriormente integrar los sistemas y trabajar en su totalidad con el sistema de manufactura. En este momento es normal que cometan muchos errores, pero es de vital importancia que el daño causado por estos sea mínimo. Es tu tarea acompañar al alumno en estas actividades para hacerle ver estos fallos y corregirlos antes de tiempo.

La distribución de las actividades por rubro es como sigue:

Las actividades de la 1 a la 4 se enfocan en identificar las limitaciones, atributos y formas de operación de la máquina CNC fresadora y verificar la viabilidad de integración del equipo mismo en un proceso de manufactura, desarrollando códigos G de manera manual, online, o bien offline. Para cerrar con la actividad 5, se pone a prueba la flexibilidad de operación del equipo, retando al estudiante a buscar una diferente forma de trabajo, aprovechando lo visto en otras asignaturas relacionadas al diseño y dibujo en 3D de piezas.

Las actividades de la 6 a la 9 tienen como finalidad capacitar a los alumnos en el manejo del brazo robótico, para comenzar con el manejo del producto o pieza. Este bloque es el más crucial para acompañar a los estudiantes, pues a diferencia de los demás equipos, el alumno no tiene retroalimentación visual de lo que está programando hasta que ejecuta el programa. Aquí puede haber muchos procedimientos mal realizados, por lo que tendrás que repetir y reproducir los programas hasta validarlos y aceptar el proceso. Procura tener especial cuidado en esta parte para reducir y eficientizar los tiempos de trabajo, para poder integrar todo en la práctica 10 y desarrollar un programa de manera abierta y empleando tu creatividad.

Ya completadas estas 10 actividades, se cierra el proyecto con una primera evidencia recolectando la documentación del proceso. Durante estas 10 actividades es de esperarse que hayas intervenido frecuentemente el trabajo que realizan los alumnos.

En las prácticas 10, 11 y 12 se realiza una integración de los equipos de fabricación, así como la manipulación de un producto, desarrollando el proceso y analizando la ocupación de las máquinas para verificar la eficiencia del proceso de manufactura.

En las actividades 14 y 15, el estudiante debe proponer, diseñar, planear, implementar y optimizar un proceso de manufactura, empleando un software de simulación. En este punto, tu intervención debe ser mínima y, por lo general, tu papel se convierte al de un consultor.

Observaciones previas al curso

El curso cuenta con 15 actividades, por lo general se debe trabajar en clase al menos una cada semana.

En caso de que el docente cuente con tiempo, se recomienda que realice las actividades antes de cada sesión. Puede que el instructor no tenga experiencia específica en estos equipos en particular, pero no es necesario para completarlas correctamente. Las actividades están diseñadas para poder realizarlas con el mínimo de apoyo y enfocadas a un público novicio en el tema.

El **consultar los manuales** es crítico para poder aclarar dudas. Si la información no se encuentra expresa de manera explícita en las explicaciones de cada actividad, es casi completamente seguro que esté en los manuales.

Temario

Práctica 1.	Fresadora CNC y modelado 3D de prototipo
Práctica 2.	Puntos de máquina y operaciones básicas en la fresadora CNC
Práctica 3.	Subrutinas y tolerancias
Práctica 4.	Maquinado de piezas cilíndricas
Práctica 5.	Trabajo offline y maquinado de pieza libre
Práctica 6.	Brazo robótico
Práctica 7.	Movimientos del robot
Práctica 8.	Programando velocidades y sujeción
Práctica 9.	Otra forma de “programación in situ” del robot
Práctica 10.	Programación offline del robot
Práctica 11.	Celda de manufactura
Práctica 12.	Programación de la celda de manufactura
Práctica 13.	Otra forma de programación de la celda de manufactura
Práctica 14.	Simulación de un proceso de manufactura
Práctica 15.	Simulación cuello de botella de un proceso de manufactura

Evaluación

Unidades	Instrumento evaluador	Puntos
15	Actividades	50
2	Evidencias	50
Total:		100

Actividad	Ponderación
Práctica 1	3
Práctica 2	3
Práctica 3	3
Práctica 4	3
Práctica 5	3
Práctica 6	3
Práctica 7	3
Práctica 8	3
Práctica 9	3
Práctica 10	3
Evidencia 1	25
Práctica 11	4
Práctica 12	4
Práctica 13	4
Práctica 14	4
Práctica 15	4
Evidencia 2	25
Total	100

Notas de enseñanza por tema

Nota

Práctica 1. Fresadora CNC y modelado 3D de prototipo

Observaciones y recomendaciones:

- Verificar que los alumnos obtengan todas las dimensiones de los herramientas, piezas y herramientas, pues estos restringen las formas de las piezas a maquinar.
- Asegurarse que los alumnos tengan todas las cotas relevantes en sus planos y sean consistentes con el espacio del trabajo, pues de ello depende el éxito de las siguientes actividades.

Práctica 2. Puntos de máquina y operaciones básicas en la fresadora CNC

Observaciones y recomendaciones:

- Asegurarse que los alumnos entiendan las medidas de seguridad, funcionamiento e interfaz de la máquina CNC antes de operarla.
- Contar con especial cuidado al momento de elegir la resolución de velocidad del Handle Jog, pues los alumnos pueden ser impacientes y por la necesidad de hacer la operación rápido, dañen la pieza, la herramienta o el herramienta.
- Tener precaución en la etapa de colocar el papel entre la pieza y la herramienta, pues es el único momento donde las medidas de seguridad de la herramienta de la máquina no se encuentran habilitadas y se tiene el riesgo de entrapamiento.

Práctica 3. Subrutinas y tolerancias

Observaciones y recomendaciones:

- Verificar que las medidas al maquinado sean correctas, pues como es un ensamble, puede que las piezas no embonen.
- Observar los finales de programa y de la subrutina, pues se puede generar un bucle infinito en la programación.

Práctica 4. Maquinado de piezas cilíndricas

Observaciones y recomendaciones:

- En la última operación de corte, la pieza se libera. En este punto su posición relativa al bloque cambia, por lo que puede quedar entrapada entre la herramienta y material en bruto. Quizá se requiera pegar una pieza “dummy” para que se limite el movimiento de la pieza.

Práctica 5. Trabajo offline y maquinado de pieza libre

Observaciones y recomendaciones:

- Como el código G queda exportado, o bien trabajado offline directamente del software, es difícil de leer, hay que tener especial cuidado con las alturas, los cambios de

herramienta, los OFFSETS verticales, las velocidades de corte, de avance y demás parámetros del programa.

- Verifica que las características de la herramienta sí estén definidas correctamente.
- Revisa que las alturas en Z no impliquen una penetración mayor que la altura total de la herramienta.
- Cerciórate que se realicen primero las operaciones con herramientas de diámetros mayores al hacer vaciados o paredes con detalles finos, aún si esto implica un mayor tiempo de ciclo.
- Corroborar que la compensación vertical del G43 corresponde a la misma que la de la herramienta del M06.
- Realizar la primera prueba del programa al 50% de su velocidad o menor, ajustando el porcentaje de FEEDRATE y RAPID directamente en la máquina con los botones que se encuentran debajo de la elección de ejes del HANGLEJOG.

Práctica 6. Brazo robótico

Observaciones y recomendaciones:

- Asegurarse que siempre guarden la primera posición de HOME antes de cualquier acción, pues por lo general los nuevos aprendedores están ansiosos por manipular el brazo.
- Tener siempre cuidado de manipular las coordenadas correctas, ya que los estudiantes por lo general olvidan este paso.
- Programar todos los movimientos con una velocidad entre mínima y media. Ya después que el programa esté correcto, se puede ajustar la velocidad para reducir el tiempo de ciclo.

Práctica 7. Movimientos del robot

Observaciones y recomendaciones:

- En este punto los alumnos deben trabajar en equipo para que otro le oriente y avise de posibles colisiones entre el brazo robot y la fresadora.
- Siempre tener cuidado con las velocidades y sistema coordinado del brazo.
- Es posible que en este punto se requieran guardar muchos puntos intermedios.

Práctica 8. Programando velocidades y sujeción

Observaciones y recomendaciones:

- Por lo general, cuando los alumnos llegan a este punto ya tienen una noción intuitiva del brazo robot, los tiempos, las velocidades y las posibilidades de colisión.
- Para esta práctica solo hay que estar pendiente de evitar colisiones.

Práctica 9. Otra forma de “programación in situ” del robot

Observaciones y recomendaciones:

- Para esta práctica solo hay que estar pendiente de evitar colisiones.
- Es posible que, para este punto, se pueda buscar efficientizar tiempos en los procedimientos, para optimizar el uso de los recursos del laboratorio.

Práctica 10. Programación offline del robot

Observaciones y recomendaciones:

- Para esta práctica solo hay que estar pendiente de evitar colisiones.
- Es posible que, para este punto, se pueda buscar eficientizar tiempos en los procedimientos, para optimizar el uso de los recursos del laboratorio.

Práctica 11. Celda de manufactura

Observaciones y recomendaciones:

- En este punto se deben tener en cuenta las mismas observaciones que en la práctica 1 a la 10, si en tu campus el equipo integra las máquinas fresadora CNC y brazo robótico.
- Es posible que, para este momento, logres integrar los procesos por lotes y con una tecnología más esbelta, por lo que será necesario contar con los manuales de los equipos a la mano, para considerar en su totalidad atributos y características especiales.

Práctica 12. Programación de la celda de manufactura

Observaciones y recomendaciones:

- Para esta práctica se deben tener las mismas indicaciones que en la práctica 11.

Práctica 13. Otra forma de programación de la celda de manufactura

Observaciones y recomendaciones:

- Ver indicaciones de la práctica 11.

Práctica 14. Simulación de un proceso de manufactura

Observaciones y recomendaciones:

- Para esta práctica es importante tener en cuenta la descarga del software de simulación de procesos, Plant Simulation de SIEMENS. Así que hay que considerar los atributos del equipo en que lo descargas e instalas, para que logres emplearlo sin dificultades. Revisa las características con las que debe contar tu equipo de cómputo antes de su instalación.

Práctica 15. Simulación cuello de botella de un proceso de manufactura

Observaciones y recomendaciones:

- Ver práctica 14.

Evidencia

Evidencia 1

Descripción: En esta evidencia desarrollarás una memoria de manufactura del ensamble realizado en las primeras 10 actividades.

Objetivo: Demostrar el conocimiento y la habilidad para la manipulación de las máquinas, equipos y software para la implementación y puesta a punto de los diferentes equipos que comprende un proceso de manufactura.

INSTRUCCIONES

1. Recolecta toda la documentación de los procesos realizados, como parte de un sistema de manufactura. En caso de que no exista dicha documentación, génerala. Incluye:
 - Los planos de las piezas con las cotas necesarias para la correcta interpretación de la pieza, tolerancias manejables para aplicación, así como la lista de materiales apropiados para maquinado de una pieza.
 - El orden de la ejecución de los programas para maquinar las piezas y describe el procedimiento de la rutina del brazo de manera secuencial y detallada para su identificación durante su ejecución, incluyendo las posiciones iniciales esperadas.
 - Los códigos G realizados para la fabricación de las piezas, indicando con comentarios las características geométricas, operaciones relevantes que se hacen y las herramientas que se utilizan a lo largo de su ejecución.
 - Las características de calidad que se busca que cumplan las piezas para maquinar, informando las herramientas (medición, identificación, entre otros) que se utilizan en el software, así como también los rangos permisibles para aceptar o rechazar una pieza.
 - El estudio de ocupación de los equipos o máquinas con sus ventajas y desventajas, y propón modificaciones del proceso para mejorar su eficiencia.
 - Las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta en el uso de la CNC fresadora y el brazo robótico, componentes de un proceso de manufactura, incluyendo las posibilidades de colisiones, fallos en las herramientas y los cuidados que se deben de tener para conservar el equipo en óptimas condiciones.
2. Ya obtenida toda la información, realiza una memoria de los procesos realizados de forma tal que se pueda consultar en un futuro para replicar el proceso, o bien modificarlo para diseñar nuevas versiones con mejoras.

Criterios de evaluación:

Criterio	Puntaje
Presenta los planos de las piezas con las cotas necesarias, así como la lista de materiales apropiados para construir el ensamble.	20
Indica el orden de la ejecución de los programas para maquinar las piezas y describe el procedimiento de la rutina del brazo.	25
Muestra los códigos G realizados para la fabricación de las piezas.	20
Describe las características de calidad que se busca que cumplan las piezas para maquinar.	20
Expone el estudio de ocupación de los equipos o máquinas con sus ventajas y desventajas, y propone modificaciones del proceso para mejorar su eficiencia.	10

Señala las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta en el uso de la CNC fresadora y el brazo robótico.

5

Entregable:

Elabora un documento en donde se incluya:

- Descripción del producto fabricado.
- Planos de fabricación.
- Códigos G documentados.
- Programas de manipulación de la pieza, código o programa de uso del robot.
- Medidas de seguridad.

Rúbrica de Laboratorio de Sistemas Integrados de Manufactura Evidencia 1

Criterios de evaluación	Nivel de desempeño			%
	Altamente competente 100%-86%	Competente 85%-70%	Aún sin desarrollar la competencia 69%-0%	
Presenta los planos de las piezas con las cotas necesarias, así como la lista de materiales apropiados para construir el ensamble.	20 – 18 puntos	17 – 14 puntos	14 – 0 puntos	20
	Presenta los planos completos sin algún elemento que pueda dar cabida a su malinterpretación. Las tolerancias requieren mínima o nula modificación. La lista de materiales es consistente y específica con el ensamble.	Presenta los planos con cotas o vistas duplicadas, pero con suficiente información para su maquinado. Las tolerancias son aceptables. La lista de materiales es consistente, pero no específica con el ensamble.	Presenta los planos con cotas o vistas faltantes. Las tolerancias no están incluidas. La lista de materiales está incompleta.	
Indica el orden de la ejecución de los programas para maquinar las piezas y describe el procedimiento de la rutina del brazo.	25 – 22 puntos	21 – 18 puntos	17 – 0 puntos	25
	Indica todas las operaciones en orden lógico, salvo a lo más una que se encuentra desordenada. Describe el procedimiento de ensamble completo con lujo de detalle omitiendo a lo más tres posiciones.	Indica todas las operaciones, pero más de una está desordenada. Describe el procedimiento de ensamble completo omitiendo entre tres y 10 posiciones.	No indica todas las operaciones. Describe el procedimiento de ensamble, pero omite más de tres posiciones.	
	20 – 18 puntos	17 – 14 puntos	14 – 0 puntos	20

Muestra los códigos G realizados para la fabricación de las piezas.	Muestra los códigos G con a lo más un par de movimientos innecesarios y ninguno que infrinja las buenas prácticas de seguridad. Tiene una documentación correcta en cada una de las operaciones entre todos los programas.	Muestra los códigos G con dos a cinco movimientos innecesarios. Falta documentación de a lo más dos operaciones.	Muestra un código G con más de cinco movimientos innecesarios. Falta documentación de más de tres operaciones.	
Describe las características de calidad que se busca que cumplan las piezas para maquinar.	20 – 18 puntos	17 – 15 puntos	14 – 0 puntos	20
	Describe las características de calidad delimitando un rango aceptable de aceptación, generando a lo más un falso positivo/negativo en solo una característica por pieza.	Describe las características de calidad delimitando un rango aceptable de aceptación, generando entre dos y cinco falsos positivos/negativos en algunas características por pieza.	Describe las características de calidad delimitando un rango aceptable de aceptación, generando seis o más falsos positivos/negativos en alguna característica por pieza.	
Expone el estudio de ocupación de los equipos o máquinas con sus ventajas y desventajas, y propone modificaciones del proceso para mejorar su eficiencia.	10 puntos	9 – 8 puntos	7 – 0 puntos	10
	Expone el estudio de ocupación omitiendo a lo más una desventaja relevante del proceso.	Expone el estudio de ocupación omitiendo entre dos y tres puntos importantes en las ventajas/desventajas.	Expone el estudio de ocupación omitiendo más de tres características relevantes ante las limitaciones del proceso.	
Señala las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta en el uso de la CNC fresadora y el brazo robótico.	5 puntos	4 puntos	3 – 0 puntos	5
	Señala las medidas de seguridad omitiendo a lo más una indicación mostrada en el laboratorio o en los manuales.	Señala las medidas de seguridad omitiendo entre dos y tres características indicadas en el laboratorio o en los manuales.	Señala las medidas de seguridad omitiendo más de tres características indicadas en el laboratorio o en los manuales.	
TOTAL				100%

Evidencia 2

Descripción: En esta evidencia desarrollarás una memoria de manufactura de lo realizado en las últimas cinco actividades, en las cuales has implementado un sistema integrado de manufactura.

Objetivo: Demostrar el conocimiento y la habilidad para la manipulación de las máquinas, equipos y software para la implementación y puesta a punto de un proceso de manufactura.

INSTRUCCIONES

- Recolecta toda la documentación de tu proceso de manufactura. En caso de que no exista dicha documentación, génerala. Incluye:
 - Los diagramas del proceso de manufactura integrado presente en tu campus, mapas o planos de los equipos y de las piezas con las cotas necesarias para la correcta interpretación de la pieza, así como la lista de materiales apropiados para el trabajo en la celda.
 - El orden de la ejecución de los programas para manipular los equipos y describe el procedimiento de la rutina de manera secuencial y detallada para su identificación durante su ejecución.
 - Los códigos, programas o formas de control realizados para la manipulación del sistema de manufactura, indicando con comentarios las características, operaciones relevantes que se hacen y las herramientas que se utilizan a lo largo de su ejecución.
 - Las características del proceso de manufactura a simular, informando las herramientas (medición, identificación, tiempos, entre otros) que se utilizan en el software, indicando con comentarios las características, operaciones relevantes que se hacen y las herramientas que se utilizan a lo largo de su ejecución.
 - El estudio de ocupación de los equipos o máquinas con sus ventajas y desventajas, y propone modificaciones del proceso para mejorar su eficiencia.
 - Las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta en el uso de los equipos que conforman el sistema de manufactura, por componentes del proceso, incluyendo las posibilidades de colisiones, fallos en las herramientas y los cuidados que se deben de tener para conservar el equipo en óptimas condiciones.
- Ya obtenida toda la información, realiza una memoria del proceso de manufactura de forma tal que se pueda consultar en un futuro para replicar el proceso, o bien modificarlo para diseñar nuevas versiones con mejoras.

Criterios de evaluación:

Criterio	Puntaje
Presenta los diagramas del proceso de manufactura integrado presente en su campus, mapas o planos de los equipos y de las piezas, así como la lista de materiales apropiados para el trabajo en la celda.	20
Indica el orden de la ejecución de los programas para manipular los equipos y describe el procedimiento de la rutina.	20
Muestra los códigos, programas o formas de control realizados para la manipulación del sistema de manufactura.	25
Describe las características del proceso de manufactura a simular.	20
Expone el estudio de ocupación de los equipos o máquinas con sus ventajas y desventajas, y propone modificaciones del proceso para mejorar su eficiencia.	10
Señala las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta en el uso de los equipos que	5

GUÍA PARA EL PROFESOR

conforman el sistema de manufactura.

Entregable:

Elabora un documento en donde se incluya:

- Descripción del producto fabricado.
- Planos de fabricación.
- Códigos y programas documentados.
- Proceso de manipulación de la pieza.
- Análisis de capacidad y simulación.
- Medidas de seguridad.

Rúbrica de Laboratorio de Sistemas Integrados de Manufactura Evidencia 2

Criterios de evaluación	Nivel de desempeño			%
	Altamente competente 100%-86%	Competente 85%-70%	Aún sin desarrollar la competencia 69%-0%	
Presenta los diagramas del proceso de manufactura integrado presente en su campus, mapas o planos de los equipos y de las piezas, así como la lista de materiales apropiados para el trabajo en la celda.	20 – 18 puntos	17 – 14 puntos	14 – 0 puntos	20
	Presenta los diagramas completos sin algún elemento que pueda dar cabida a su malinterpretación. La lista de materiales y procedimientos de trabajo son consistentes y específicos.	Presenta los diagramas, planos, mapas incompletos, pero con suficiente información para su interpretación. La información es aceptable. La lista de materiales es consistente, pero no específica.	Presenta los diagramas, planos, mapas con bastantes faltantes. La lista de materiales está incompleta.	
Indica el orden de la ejecución de los programas para manipular los equipos y describe el procedimiento de la rutina.	20 – 18 puntos	17 – 15 puntos	14 – 0 puntos	20
	Indica todas las operaciones en orden lógico, salvo a lo más una que se encuentra desordenada. Describe el procedimiento, proceso de manufactura completo con lujo de detalle.	Indica todas las operaciones, pero más de una está desordenada. Describe el procedimiento completo omitiendo información, pero sí permite una completa interpretación del proceso de manufactura.	No indica todas las operaciones. Describe el procedimiento, pero omite información relevante que describa mínimamente el proceso de manufactura.	
Muestra los códigos, programas o formas de control realizados para la manipulación del sistema de manufactura.	25 – 22 puntos	21 – 18 puntos	17 – 0 puntos	25
	Muestra los códigos G con a lo más un par de movimientos innecesarios y ninguno que infrinja las buenas prácticas de seguridad. Muestra	Muestra los códigos G con dos a cinco movimientos innecesarios. Falta documentación de las operaciones del brazo	Muestra un código G, programas con información innecesaria. Falta documentación de operaciones.	

	códigos o programas de manipulación del brazo robótico. Tiene una documentación correcta en cada una de las operaciones entre todos los programas que integran la celda de manufactura.	robótico e integración de los sistemas de manufactura.		
Describe las características del proceso de manufactura a simular.	20 – 18 puntos	17 – 15 puntos	14 – 0 puntos	20
	Describe las características completas del proceso de manufactura a simular, incluyendo información relevante y basta sobre operaciones, tiempos, herramientas empleadas a lo largo del procedimiento, logrando una integración completa del sistema de manufactura y el software de simulación.	Describe las características más relevantes del proceso de manufactura a simular, incluyendo información sobre operaciones, tiempos, herramientas empleadas a lo largo del procedimiento, logrando una integración parcial del sistema de manufactura y el software de simulación.	Describe las características del proceso de manufactura a simular, careciendo de información sobre operaciones, tiempos, herramientas empleadas a lo largo del procedimiento. No logra integración del sistema de manufactura y el software de simulación.	
Expone el estudio de ocupación de los equipos o máquinas con sus ventajas y desventajas, y propone modificaciones del proceso para mejorar su eficiencia.	10 puntos	9 – 8 puntos	7 – 0 puntos	10
	Expone el estudio de ocupación omitiendo a lo más una desventaja relevante del proceso.	Expone el estudio de ocupación omitiendo entre dos y tres puntos importantes en las ventajas/desventajas.	Expone el estudio de ocupación omitiendo más de tres características relevantes ante las limitaciones del proceso.	
Señala las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta en el uso de los equipos que conforman el sistema de manufactura.	5 puntos	4 puntos	3 – 0 puntos	5
	Señala las medidas de seguridad omitiendo a lo más una indicación mostrada en el laboratorio o en los manuales.	Señala las medidas de seguridad omitiendo entre dos y tres características indicadas en el laboratorio o en los manuales.	Señala las medidas de seguridad omitiendo más de tres características indicadas en el laboratorio o en los manuales.	
TOTAL				100%