

Reducción de costos en fresado en 2 y 2.5 ejes con SURFCAM

María del Carmen Jiménez Cisneros¹, María Esther Romero Valencia², María del Sagrario Cisneros³, Patricia Sánchez Espinoza⁴, Laura Elena Huerta Casillas⁵, Luis Gabriel González Vázquez⁶, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán Departamento de Cs Económico Admvas^{1,2,3,4,5}, Departamento de Ciencias Básicas⁶.

Resumen - Este artículo de investigación presenta los resultados obtenidos al emplear el maquinado de restos en SURFCAM. Se realizó la programación de cuatro piezas, de las cuales dos son en 2 ejes y el resto en 2.5 ejes. Se estableció que se realizó la programación de forma tradicional utilizando un cortador y el de maquinado de restos utilizando dos cortadores. Una vez que el maquinado virtual se asemeja al modelo CAD, se estimó el tiempo de maquinado para comparar los resultados. Encontrándose un porcentaje mínimo de reducción de maquinado de 34.5% y máxima de 88.15%. Al reducir los tiempos de maquinado se reducen costos de producción y esto impacta en ser más competitivos y rentables.

Índice de Términos – Maquinado de restos, Optimización de tiempos de mecanizado, Reducción de costos.

Abstract - This research article presents the results obtained when using rest machining in SURFCAM. Four parts were programmed, two of which are 2-axis and the rest are 2.5-axis. It was established that programming was carried out in the traditional way using one cutter and rest machining using two cutters. Once the virtual machining resembled the CAD model, the machining time was estimated to compare the results. A minimum machining reduction of 34.5% and a maximum of 88.15% were found. Reducing machining times reduces production costs, which in turn makes companies more competitive and profitable.

Keywords - Machining of remnants, Optimization of machining times, Cost reduction.

¹ María del Carmen Jiménez Cisneros, Docente del departamento de Cs Económico Admvas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.jc@cdguzman.tecnm.mx

² María Esther Romero Valencia, Docente del departamento de Cs Económico Admvas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. ma.rv@cdguzman.tecnm.mx (autora corresponsal)

³ María del Sagrario Cisneros, Docente del departamento de Cs Económico Admvas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.c@cdguzman.tecnm.mx

⁴ Patricia Sánchez Espinoza, Docente del departamento de Cs Económico Admvas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. patricia.se@cdguzman.tecnm.mx

⁵ Laura Elena Huerta Casillas, Docente del departamento de Cs Económico Admvas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. laura.hc@cdguzman.tecnm.mx

⁶ Luis Gabriel González Vázquez, Docente del departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. luis.gv@cdguzman.tecnm.mx

I. INTRODUCCIÓN

Una fresadora CNC es una máquina herramienta convencional manipulada por un control, la cual utiliza herramienta de corte, para desbastar el material hasta obtener la pieza que se esté fabricando [1]. Entre las herramientas de corte más comunes, se encuentra, los cortadores verticales plano, de bola, brocas, fresas frontales, molinos huecos y de hilo [2], [3]. El control es quien establece la comunicación entre la máquina y el usuario, y viceversa, en la industria metal mecánica de México es posible encontrar FANUC, SIEMENS, HAAS, HEIDENHAIN, FAGOR... [4]

Reducir los costos es una de las prioridades de los talleres de mecanizado, los cuales buscan maximizar sus ganancias y al reducir los tiempos se disminuyen los costos de mecanizado CNC [5]. Sin embargo, esto implica cortadores con propiedades de acuerdo con el material que se maquina, planificación y los mantenimientos preventivos adecuados [6]. Es importante mencionar que se requiere que el operador que reciba capacitación de forma permanente para poder contribuir a alcanzar las metas planeadas por la empresa [7].

Se utilizará la estrategia de maquinado de restos en el software SURFCAM, en piezas para 2 y 2.5 ejes, con la finalidad de poder estimar el tiempo de maquinado para ofrecer cotizaciones competentes.

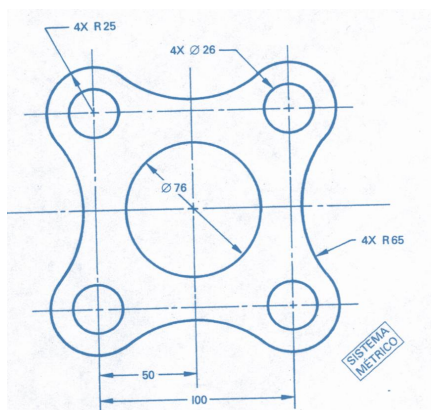
II. METODOLOGÍA

La metodología implementada consistió en 5 etapas:

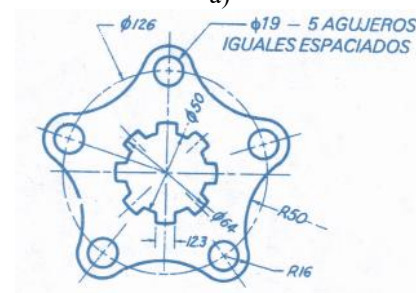
Planteamiento del problema y alcance

Se establecieron 4 casos de estudio, de los cuales dos son en 2 ejes y los otros en 2.5 ejes. Para poder realizar la programación considerando que cuenta con herramientas de cortadores de 1/2, 3/16 y 1/16 pulgadas de diámetro. En la Figura 1 se ilustran los 4 casos: a) Placa de ancla, b)

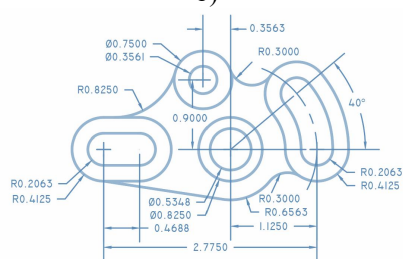
Placa con cuñeros, c) Brazo de engranaje y d) Tapa.



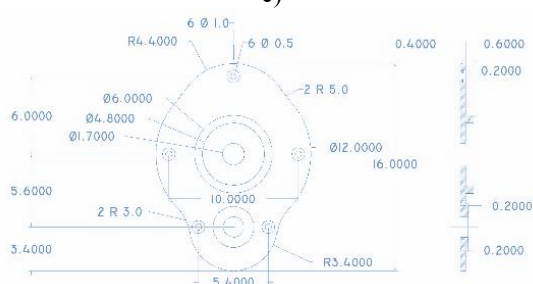
a)



b)



c)



d)

Fig. 1 Casos: a) Placa de ancla, b) Placa con cuñeros, c) Brazo de engranaje y d) Tapa.

Programación CNC

Una máquina de control numérico computarizado, puede ser programada de tres formas [8]:

a) A pie de máquina: Es cuando el operador de la maquina CNC, introduce cada una de las instrucciones de forma manual a través del tablero del control.

b) Software CAM: Las siglas CAM corresponden a Manufactura Asistida por Computadora, actualmente existen programas de cómputo dedicados al Dibujo Asistido por Computadora, con módulos especiales para

programar maquinas CNC. Y otros especializados que ofrecen una amplia variedad de operaciones y rutinas que pueden ser programadas con el software.

c) Modo conversacional: Algunos de los controles ofrecen al usuario una interfaz, mediante la cual se seleccionan operaciones y al seleccionar se traducen a códigos G y M, con lo cual reduce el tiempo para la programación.

Elección del programa a utilizar

Para seleccionar el programa a utilizar se realizó un búsqueda y se encontraron programas CAD que ofrecen en la misma interfaz un módulo que permite programar, algunas maquinas CNC. A través de la Tabla 1, se muestran.

Tabla 1. Descripción de programas de cómputo CAD

Nombre	Descripción
SOLIDWORKS	Este software está enfocado al diseño mecánico 3D, se distingue por su entorno grafico e intuitivo basado en Microsoft Windows. Su metodología de trabajo está diseñada para que los usuarios puedan materializar ideas rápidamente [9].
SOLID EDGE	Es un software CAD destinado principalmente a profesionales del diseño. Ofreciendo funciones de diseño flexibles que permiten editar las diferentes partes, conservando las relaciones del ensamblaje [10].
INVENTOR	El programa de cómputo Inventor de la empresa Autodesk, está enfocado al Diseño Asistido por Computadora en tres dimensiones, diseñado para la ingeniería y diseño mecánico de productos, piezas y ensamblajes industriales [11].
ONSHAPE CAM	Es un software de cómputo, rápido, fiable e intuitivo que lleva los diseños desde el concepto 3D, hasta la realidad mecanizada en un mismo lugar desde la nube [12].

Por medio de la Tabla 2, se proporciona información de programas especializados en la Manufactura Asistida por Computadora.

Tabla 2. Descripción de programas de cómputo CAM

Nombre	Descripción
MASTERCAM	Es un programa de cómputo que ofrece comandos CAD y es líder especializado en CAM. Permite programar centros de maquinado,

	tornos, fresado-torneado, enrutador, multi eje, alambre, diseño y más [13].
SURFCAM	Es un software que cuenta con comandos CAD y operaciones simplificadas para realizar la manufactura asistida por computadora en centro de maquinado en 2, 3, 4 y 5 ejes, torno y electroerosionadora [14].
NX	Es un software avanzado de SIEMENS que permite programar máquinas CNC entre las que se encuentran fresadoras, tornos, electroerosionadoras, cortadoras de plasma, laser y manipular robots [15].
CATIA	Es una suite de aplicaciones que aborda las tecnologías CAD, CAE y CAM. Entre las maquinas que permite programar se encuentran: fresadoras, tornos, electroerosionadoras, máquinas de corte e impresoras 3D [16].

(pulgadas).			
Número de filos.	3	3	2
RPM (Revoluciones / minuto).	8500	8500	8500
Avance (pulgadas / minuto).	48.195	28.135	10
Velocidad de penetración (pulgadas / minuto).	24.0975	14.0675	5
Corte por pasada (pulgadas).	0.125	0.375	3

La interfaz de SURFCAM se divide en 3 secciones, en cada una de ellas se presenta distinta información y esta asignada para realizar distintas actividades. La presentación inicial de SURFCAM se muestra en la Figura 3 y a través de 8 menús desplegables se proporciona el acceso a los distintos comandos. En el menú NC (Control Numérico) se encuentran las máquinas que se pueden programar y las operaciones que se contempla en cada una de ellas.

De los programas mencionados se decidió utilizar SURFCAM, por la razón que este software demanda poco recurso en la computadora, ofrece la opción de maquinado de restos y se ha encontrado que se requiere menor tiempo para programar [17]. Una máquina de Control Numérico Computarizado, ordinariamente el proceso a seguir para programar es el que se muestra en la Figura 2 [18], donde MHC representa Máquinas Herramientas Convencionales, CAD Dibujo Asistido por Computadora, CAM Manufactura Asistida por Computadora, CNC Control Numérico Computarizado y finalmente la programación de la máquina CNC a utilizar.



Fig. 2 Diagrama de flujo de mecanizado en un CNC.

Para realizar la programación se consideraron soleras de aluminio 6061T6 de 1/2 pulgada de espesor, por 4 pulgadas de ancho y 6 pulgadas de largo. Los cortadores que han sido empleados son de la marca YG modelo Alu Power tipo ENDMILL, que son especiales para maquinar metales no ferrosos, por medio de la Tabla 3, se presentan los parámetros de corte utilizados para la programación.

Tabla 3. Parámetros de corte.

Parámetros de maquinado	Herramientas		
Posición de herramienta.	1	2	3
Diámetro	1/2	3/16	1/16

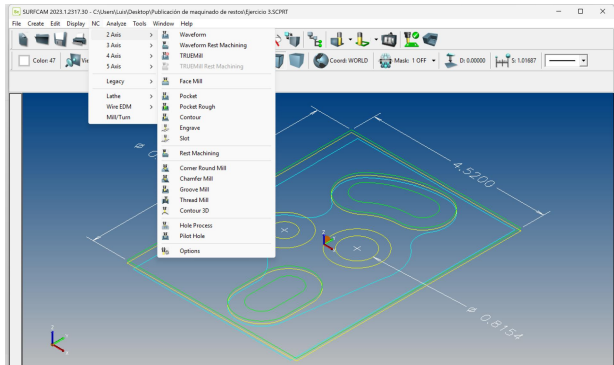


Fig. 3 Opciones de Control Numérico que ofrece SURFCAM.

Una vez que ingresa al Administrador de operaciones se pueden identificar cada una de las operaciones programadas y al presionar el botón de ejecutar se puede simular el maquinado y cuando este cumple con lo planeado, ya se está en la posibilidad estimar el tiempo de maquinado y/o generar el código que se ejecutará en la máquina CNC, como se muestra en la Figura 4.

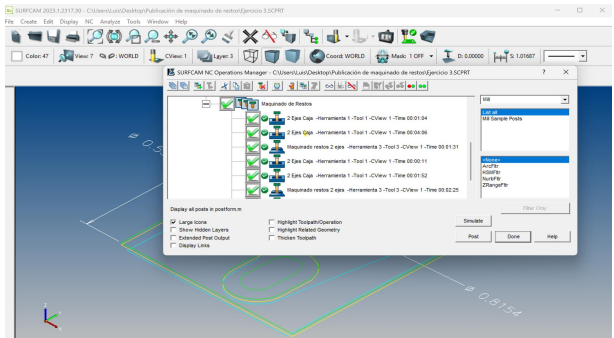


Fig. 4 Administrador de operaciones de SURFCAM.

A través de la Figura 5, se presenta la interfaz de la pantalla de simulación de SURFCAM,

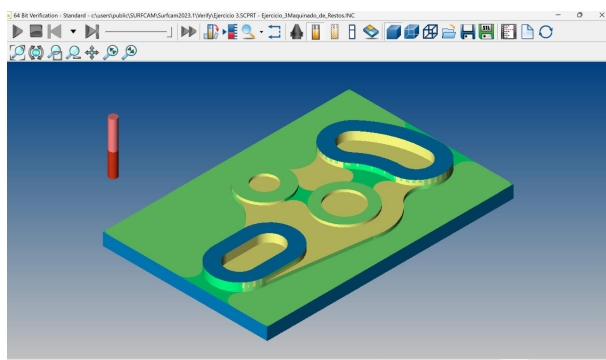


Fig. 5 Simulación del maquinado de brazo de engranaje en SURFCAM.

Para estimar el tiempo de maquinado una vez que se da clic al icono de reloj, se abren dos páginas de internet donde muestra: en el inciso a Información de la herramientas de corte y en el b parámetros de corte y tiempo de maquinado. Este paso se ilustra por medio de la Figura 6.

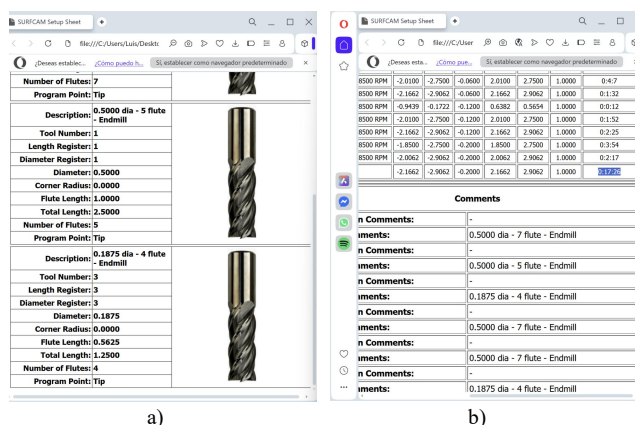
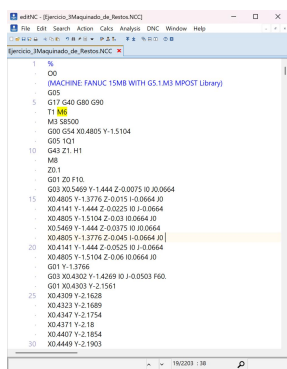


Fig. 6 Información: a) Hta. De corte y b) Parámetros de corte y tiempo estimado de maquinado.

Para generar los códigos G y M, se selecciona el control FANUC, de esta forma se accede al editor NCC que ofrece SURFCAM en la Figura 7, se muestra la interfaz.



volumen de material removido de cada pieza, como se muestra en la Figura 9.

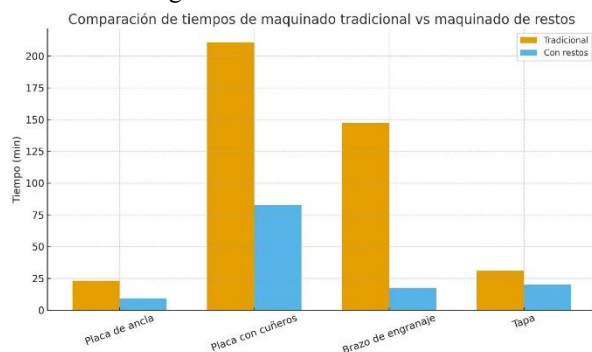


Fig. 9 Gráfico de barras de tiempos de maquinado.

En primer lugar, las piezas Placa de ancla y Placa con cuñeros muestran reducciones notables, pasando de aproximadamente 23 min a 9 min y de 211 min a 83 min, respectivamente. Estas reducciones, cercanas al 60%, evidencian que incluso en geometrías relativamente simples, la utilización de herramientas escalonadas y el reconocimiento automático del material remanente permite evitar recorridos innecesarios y optimizar el tiempo de corte.

En el caso del Brazo de engranaje, la reducción es aún más pronunciada, pasando de 147 min a solo 17 min. Esta diferencia representa la mayor optimización entre las piezas estudiadas. Este resultado confirma que el maquinado de restos es especialmente efectivo en geometrías complejas con múltiples cavidades y zonas inaccesibles para una herramienta de gran diámetro. La estrategia evita recorridos en vacío y concentra el mecanizado únicamente en las áreas restantes, lo que reduce drásticamente el tiempo total.

Por otro lado, la pieza Tapa, que presenta una geometría más sencilla y un menor volumen de desbaste, muestra una reducción menor en términos relativos: de 30 min a 20 min, equivalente aproximadamente al 35%. Esto es consistente con estudios previos que indican que la utilidad del maquinado de restos disminuye cuando el volumen de material es bajo o cuando la pieza no tiene zonas complejas que justifiquen el uso de herramientas escalonadas.

En conjunto, la gráfica demuestra que la estrategia de maquinado de restos no sólo mejora la eficiencia del proceso, sino que puede reducir los tiempos de manera muy significativa, especialmente en piezas con geometrías complejas. Esto se traduce directamente en una reducción del costo de mecanizado por pieza, lo cual impacta de forma positiva en la competitividad y rentabilidad de los talleres CNC.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman que la estrategia de maquinado de restos en SURFCAM es altamente efectiva para optimizar los tiempos de mecanizado en operaciones de fresado en 2 y 2.5 ejes. En los cuatro

casos analizados, la reducción de tiempo osciló entre 34.75% y 88.15%, demostrando que esta técnica ofrece beneficios sustanciales incluso en geometrías simples, y se vuelve especialmente eficiente en piezas con cavidades profundas o zonas con restricciones de acceso para herramientas de gran diámetro.

El uso de herramientas escalonadas combinando cortadores de mayor diámetro para el desbaste inicial y herramientas más pequeñas para el detalle final permitió eliminar recorridos innecesarios, reducir los trazos en vacío y concentrar el mecanizado únicamente en las áreas donde realmente existía material remanente. Esto generó mejoras significativas en piezas de mayor complejidad geométrica, como el brazo de engranaje, donde el tiempo se redujo en más del 88%.

Asimismo, se comprobó que la eficiencia del maquinado de restos depende directamente de tres factores: a) La complejidad geométrica de la pieza, b) La selección adecuada de herramientas y parámetros de corte, y c) La correcta planificación CAM dentro de SURFCAM, especialmente en la operación Pocket Caja con activación del reconocimiento de restos.

La reducción del tiempo de mecanizado tiene una relación lineal con la disminución del costo por pieza, lo cual incide positivamente en la rentabilidad de los talleres de mecanizado CNC. Dado que el costo operativo de un centro de maquinado está directamente asociado al tiempo de operación, aplicar estrategias como el maquinado de restos permite ofrecer cotizaciones más competitivas, mejorar los indicadores de productividad y aumentar la capacidad de respuesta ante pedidos de mayor volumen.

Finalmente, esta investigación evidencia que la adopción de metodologías de programación eficientes no sólo mejora el desempeño técnico del proceso, sino que también contribuye a fortalecer la competitividad empresarial. Implementar de manera sistemática el maquinado de restos puede integrarse como una práctica estándar dentro de los talleres CNC que busquen reducir costos, acortar tiempos de ciclo y maximizar su rentabilidad.

REFERENCIAS

- [1] «¿Para qué sirve una fresadora CNC?: Usos en el Grado en Diseño de Producto», UDIT. Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.udit.es/para-que-sirve-una-fresadora-cnc-usos-en-el-grado-en-diseno-de-producto/>
- [2] «Herramientas de corte para fresadoras CNC». Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.haascnc.com/es/Community/Blog/herramienta-s-corte-fresadoras-cnc.html>
- [3] S. ZTL, «Guía de herramientas de mecanizado CNC | Optimice su fabricación», Zintilon. Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.zintilon.com/es/blog/cnc-machining-tools/>
- [4] «Fresadoras CNC», DMG MORI Ibérica. Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.dmgmori.com/productos/maquinas/fresado>

- [5] Kevin, «Understanding and Reducing CNC Machining Costs: A Detailed Guide», Scan2CAD. Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.scan2cad.com/blog/cnc-machining-costs/>
- [6] M. Donley, «Cómo mejorar la precisión y la eficacia del mecanizado CNC», Setco. Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.setco.com/es/blog/how-to-improve-precision-efficiency-cnc-machining/>
- [7] «Capacitación CNC como inversión en talento humano en 2025». Accedido: 13 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.hemaq.com/capacitacion-cnc-como-inversion-en-talento-humano/>
- [8] «PROGRAMACIÓN CNC: UNA GUÍA MAESTRA», Summit Machine Tool. Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://summitmt.com/es/programacion-cnc-una-guia-maestra/>
- [9] Marcombo, EL GRAN LIBRO DE SOLIDWORKS® 3aEd. 2024.
- [10] «Designcenter Solid Edge pricing | Siemens Software», Siemens Digital Industries Software. Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/solid-edge/pricing/>
- [11] «Software Autodesk Inventor | Consulta los precios y compra Inventor 2026 oficial». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/mx/products/inventor/overview>
- [12] O. Business a PTC, «CAM Studio». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.onshape.com/en/features/cam-studio>
- [13] «CAD/CAM Solutions for Manufacturing | Mastercam», mastercam.com. Accedido: 26 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mastercam.com/>
- [14] «SURFCAM | Software para la Fabricación Asistida por Ordenador (CAD/CAM)», Hexagon. Accedido: 26 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hexagon.com/es/products/product-groups/computer-aided-manufacturing-cad-cam-software/surfcam>
- [15] «Software NX | Siemens Software», Siemens Digital Industries Software. Accedido: 26 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://plm.sw.siemens.com/es-ES/nx/>
- [16] «Software CAD 3D: Shape the World We Live In | CATIA - Dassault Systèmes». Accedido: 26 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.3ds.com/es/products/catia>
- [17] G. B. Abraham y V. S. J. Emilio, «2025-LiderazgoConSelloMecatronico».
- [18] L. G. González Vázquez, Programación de Centro de Maquinado con SolidWorks, Primera. México: Alfaomega. Accedido: 26 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://alfaomega.com.mx/producto/programacion-de-centro-de-maquinado-con-solidworks/>
- [19] D. Rodríguez Sotelo, «Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing», ene. 2023, Accedido: 27 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24089>
- [20] M. A. J. Antonio, P. O. Gonzalo, C. C. José, P. L. R. Jesús, y G. V. L. Gabriel, «Aplicación Didáctica de un Cotizador de Servicios para Fresadora CNC», vol. 10, n.o 3, 2021.
- [21] «How Much Does CNC Machining Cost?», HLH Rapid. Accedido: 27 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hlhrapid.com/blog/cnc-machining-cost/>
- [22] «Beneficios de la mejora de beneficios en soluciones de gestión de proveedores – Tecnología Ilimitada». Accedido: 27 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://limitlesstechnology.com/benefits-profit-improvement-vendor-management-solution/>
- [23] «Vender con rentabilidad: Claves para el crecimiento de los negocios». Accedido: 27 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/el-empresario/vender-rentabilidad-claves-crecimiento-negocios-20241025-731478.html>

Biografía de Autores

María del Carmen Jiménez Cisneros, Docente del departamento de Ciencias Económico Administrativas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.jc@cdguzman.tecnm.mx

María Esther Romero Valencia, Docente del departamento de Ciencias Económico Administrativas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.jc@cdguzman.tecnm.mx

María del Sagrario Cisneros, Docente del departamento de Ciencias Económico Administrativas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.jc@cdguzman.tecnm.mx

Patricia Sánchez Espinoza, Docente del departamento de Ciencias Económico Administrativas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. maria.jc@cdguzman.tecnm.mx

Laura Elena Huerta Casillas, Docente del departamento de Cs Económico Admvas. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. laura.hc@cdguzman.tecnm.mx

Luis Gabriel González Vázquez, Docente del departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. luis.gv@cdguzman.tecnm.mx