



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Departamento:
Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Programa de acreditación:
CyTMA2

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:
C2-ING-118

Título del proyecto:
Estudio de Aplicación práctica de métodos de fijación de piezas por vacío en sistemas de cambio rápido para aumento de productividad en industrias metalúrgicas, aplicado al fresa-
do.

PI Dependencia Compartida:

Elija un elemento.

PI Interdepartamental:

Elija un elemento.

Informe Final

Director:
Dra. Ing. Leon Paula

Director externo:

Codirector:

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en la transferencia de los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, este es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A. Resumen del proyecto² (Desarrolle en no más de dos páginas.)



Dimensiones mínimas:

- Problema de investigación:
Estudio de métodos de fijación de piezas por vacío en sistemas de cambio rápido para aumento de productividad en industrias metalúrgicas, aplicado al fresado.
- Metodología: Método experimental en laboratorio.

Sintéticamente se revisan y amplían algunos conceptos teóricos metodológicos tales como:

En un contexto tecnológico e industrial, “Las empresas manufactureras reciben demandas de productos sostenibles que sean entregados en un corto plazo de entrega, siguiendo el paradigma productivo (...) los fabricantes de máquinas herramienta deben reorientar su estrategia hacia dicho sector, pasando de diseñar y vender máquinas herramienta a ofrecer soluciones integrales de máquinas y servicios de elevado valor añadido que satisfagan las demandas con un mínimo de costes e impactos ambientales en su ciclo de vida”. (Comisión Europea, 2008) Esto refleja los grandes desafíos a los que se enfrenta este sector. De la misma manera que el consumidor actual está demandando productos con este tenor de eficiencia. Este ejemplo, de “productos máquinas herramienta”, (...) enfrenta retos estratégicos coaligados entre sí: por una parte, a maximizar el valor añadido que el usuario manufacturero recibe por el uso de las máquinas herramienta, y por otra parte, a minimizar el impacto que dicho uso tiene (...) Para el conjunto de la sociedad el del valor añadido asociado al producto máquina herramienta, dicho valor está asociado a que mediante el uso de la máquina en cuestión, el usuario vea satisfechas sus necesidades manufactureras de una manera fiable y con un resultado final de calidad. En efecto, estas funcionalidades, productividad, fiabilidad y calidad. (Zulaika Muniain, 2011) El método de ingeniería mecanizada, son funcionalidades básicas que se asocian al valor añadido final del producto máquina herramienta y (...) Interviene asimismo el concepto (...) asociado a bienes intangibles y de servicio que el fabricante aporta al usuario (...) y las fases: concepción, diseño, fabricación, montaje, uso, mantenimiento y fin de vida (desde el punto de vista ambiental). Minimizando a su vez, costes económicos y medioambientales asociados a dicho uso. (...) Diseñar una máquina que aporte una elevada productividad, una elevada fiabilidad y una elevada calidad en la superficie mecanizada optima respecto de la ingeniería mecanizada³.”

Respecto de la sujeción al vacío se usa en diferentes industrias: “en la automotriz por ejemplo, en automoción permite mantener sujetas de forma estable y precisa piezas grandes como pa-

²Actualizar todos los ítems en el *Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM* (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “**Antecedentes y Producciones y Servicios**”. Ver:  www.youtube.com/@cytunlam 

³ Ingeniería mecanizada. Recuperado en

https://scienceportal.tecnalia.com/ws/portalfiles/portal/68359399/Tesis_Metodologia_para_JuanjoZulaika.pdf



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

neles de carrocería, ruedas y componentes del motor durante el proceso de ensamblaje y fabricación. De esta forma, la producción es más eficiente y de calidad⁴”.

La cuestión del aplicado al fresado se refiere a: “una operación de maquinado en la cual se hace pasar una pieza de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples filos cortantes (en algunos casos raros se usa una herramienta con un solo filo cortante llamado cortador volante). El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del agujereado. En el agujereado, la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en fresado se llama fresa y los bordes cortantes se llaman dientes. La máquina herramienta que ejecuta tradicionalmente esta operación es una fresadora. La forma geométrica creada por el fresado es una superficie plana. Se pueden crear otras formas mediante la trayectoria de la herramienta de corte o la forma de dicha herramienta. Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente usadas” (Ibídem). Por ejemplo, en procesos de fabricación con brazos robotizados, es probable que surja la pregunta, cómo pueden sujetar piezas como paneles de carrocería o partes de una maquina correctamente, como podría ocurrir con los que las agarran con pinzas de forma mecánica, sencillamente la respuesta está en el uso de vacío⁵”.

En este mismo sentido, “el fresado es una operación de corte interrumpido; los dientes de la fresa entran y salen de la pieza en cada revolución. Esto interrumpe la acción de corte y somete a los dientes a un ciclo de fuerzas de impacto y choque térmico en cada rotación. El material de la herramienta y la geometría del cortador deben diseñarse para soportar estas condiciones⁶”.

Estos procedimientos son algunas de las estrategias pedagógicas utilizadas en ensayos.

Grado de ejecución de los objetivos planteados:

Aproximadamente un ochenta por ciento (80%).

Resultados: (Ver figuras 1 al 5)

El resultado que sobresale se refiere a que: Las condiciones de corte fueron satisfactorias y se constató que con el método mecanizado las condiciones se perfilan a favor, se obtienen mejores resultados cuando se produce en condiciones de vacío.

⁴ La sujeción al vacío mejora la producción (2023) Recuperado en <https://marpavacuum.com/sujecion-por-vacio-mejora-eficiencia-fabricacion/>

⁵ La sujeción por vacío, se basa en la creación de un vacío entre una ventosa y la superficie de un objeto para sacar partido de la presión atmosférica para sujetar el objeto de manera estable contra esa ventosa. Es especialmente beneficioso en el caso de tener que mover y manipular la pieza en sus 360 grados. En procesos de mecanizado por varias caras, y en procesos en los que se necesita cuidar especialmente la integridad de la pieza.

⁶ Teoría del mecanizado de metales. Recuperado en: https://frh.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/51503/mod_folder/content/0/Mecanizado.pdf?forcedownload=1



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A partir de la reformulación de objetivos al finalizar el primer año del proyecto, dado que la fabricación de componentes ha podido ser ejecutada parcialmente, los objetivos planteados inicialmente en el proyecto y los reformulados fueron cumplidos. Así, en una primera etapa se envió a fundir el aluminio para la realización del dispositivo. Inicialmente se iba a partir de aluminio laminado pero se hubo de cambiar la elección por varios factores externos al proyecto. También, quedo pendiente la aplicación de la bomba de vacío; y quedar para otra etapa el poder ser utilizada en el proyecto.

Estratégicamente en cumplimiento de los aspectos de este estudio, se recurrió a realizar los ensayos de laboratorio en laboratorios externos, en este caso los ensayos se realizaron en el INTI que de esta manera facilitaron el laboratorio y el equipamiento.

ETAPA DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Se realizó un dispositivo para poder medir con un vacuómetro el nivel de vacío alcanzado, con el objetivo de conocer la existencia de pérdidas de estanqueidad y además saber si los niveles de fuerzas de sujeción son aptos para mecanizar.

La primera prueba de vacío arrojó valores satisfactorios del orden de los 64 mm de mercurio, siendo este valor del orden de la capacidad de la bomba utilizada. Modelo Dosivac 40VR.

Dado que el mecanizado es un procedimiento dinámico, en el cual frente a una falla pueden darse situaciones indeseadas como la falta de sujeción de la pieza y con consecuencias la posible rotura de herramientas y otros elementos, se decidió realizar una prueba estática para determinar un valor de fuerza máximo admisible, y posteriormente realizar mediciones de fuerza sobre el mecanizado de una pieza en particular. De esta manera se pueden comparar los resultados (sin ánimo de redundar en las situaciones comentadas anteriormente de experimento en laboratorio).

Ensayo de fuerza estática

Realizada en el I.N.T.I

Equipos utilizados:

- Dinamómetro.
- Relojes palpadores – mínima división 0.002 mm
- Bomba de vacío
- Vacuómetro

Se procedió a fijar la mesa: sobre ella se colocó una pieza susceptible de vacío y se procedió a relevar la fuerza lateral máxima que podía resistir la fijación antes de la rotura del vacío. Dicho valor de fuerza se obtuvo mediante un dinamómetro de capacidad máxima de 500N.

La primera etapa consistió en enviar a fundir el aluminio necesario para la realización del dispositivo. La elección de aluminio fundido y no laminado, simplemente tuvo que ver con los costos.

Habiendo realizado el diseño de una mesa de estilo “cuadrulado” con el objetivo de aumentar su flexibilidad frente a las formas que se pueden sujetar en la misma, se procedió al mecanizado de la geometría general y las ranuras correspondientes, según el diámetro de Oring elegido, en este caso diámetro 2.68 mm.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

El objetivo principal del ensayo se centró en:

- Determinar condiciones de fresado que alcance un valor igual o menor que el obtenido en el ensayo de fuerza estática, en este caso un valor de 44.6 Kg. Dado que este ensayo es dinámico, se estableció que de no debemos acercarnos al valor máximo por las diferencias conocidas entre lo dinámico y lo estático.
- Verificar la diferencia esfuerzos según el sentido de mecanizado, a favor o en oposición, algo práctico de uso común en la industria.
- Mecanizar con un empañe de 6 mm y iniciando con una profundidad de pasada de 0.5mm, e ir incrementando de 0.5 mm. Una vez alcanzada una profundidad de 3 mm, se modifican las condiciones.
- Mecanizar con un empañe inicial de 0.1 mm y una profundidad de 10 mm. Aumentar sucesivamente el valor de empañe en cada una de las pasadas en un valor 0.1 mm, y realizando pasadas longitudinales a favor y otro en oposición.
- En cualquiera de las condiciones anteriores el ensayo se daba por finalizado si se alcanzaban valores de fuerzas de 40 kg o llegado el caso se consideraba que el mecanizado realizado estaba a la altura de otro tipo de sujeciones convencionales en la industria.

Conclusiones

1. Según las condiciones de mecanizado se logró alcanzar una fuerza máxima cercana a los 35 kg, se procedió con un margen de seguridad para no alcanzar el máximo estático obtenido con el dinamómetro.
2. Las condiciones de corte alcanzadas como máxima son del orden competitivo para cualquier mecanizado industrial, a pesar de que no se ha llevado la capacidad del dispositivo al máximo.
3. Se verificó la importancia de un fresado a favor, especialmente para este tipo de sujeciones en donde la fuerza entregada por el dispositivo posee limitaciones. En todos los casos se verificó que a iguales condiciones e incluso en aquellas más exigentes, el mecanizado a favor registró valores inferiores, por lo tanto será siempre la primera opción para fijaciones de piezas por vacío.
4. Se determinó que el vacío es un método apto para realizar mecanizados de aceros y otros materiales en condiciones de corte del tipo medías, tanto desbaste como terminación.
5. Dado el diseño de la mesa de vacío, el método podrá ser utilizado incluso con geometrías del tipo pasantes, dado que tiene la posibilidad de sectorización del vacío.

**B. Informar cada producción con filiación UNLAM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.).
Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.⁷**

⁷Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLAM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	
Autor/es	
Editorial	
Fecha	
Situación	Elija un elemento.
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

C. Vinculación⁸: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.

Se anexan imágenes representativas de los ensayos de laboratorio realizados



Fig 1. Mesa de vacío mecanizada parcialmente

⁸Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socioproductivo.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Fig 2. Mesa de vacío mecanizada y oring.



Fig 3. Lectura de vacío



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Fig 4. Conjunto de medición de fuerza estática



Fig5. Palpadores milésimales para detectar desplazamientos de la mesa de vacío y la placa a mecanizar.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/finalde proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

E. Cuerpo de anexos:

- Anexo I:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (de corresponder)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (de corresponder)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación.
 - FPI-038: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto. (de corresponder)
- Anexo II: FPI 017⁹ Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto.
 - Disposición del Decano y nota de elevación del Director del Proyecto justificando “alta y/o” baja de cada integrante del equipo de investigación.

Paula Leon
Firma y aclaración Director Proyecto

Fecha: 27 de Marzo de 2025