

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 15/17

Anexo I

Plantilla de Presentación de Propuestas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad Politécnica

CONVOCATORIA PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN
2025

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN

PERFIL DEL PROYECTO

1. Título del Proyecto. Investigador/a Principal y Coinvestigadores

Uso del Descriptor Punto Contorno en el Registro de Imágenes Médicas Multimodales.

Investigador Principal: Pedro Pablo Céspedes Sanchez

Coinvestigadores: Alejandro José Giangreco Maidana, Oscar Leonardo Pedrozo González (iniciación Científica).

2. Resumen del proyecto

El registro de imágenes médicas es una etapa crítica en numerosos procesos clínicos y de investigación, como el diagnóstico asistido por computadora, el análisis longitudinal de patologías y la planificación quirúrgica. Sin embargo, obtener registros precisos continúa siendo un desafío, especialmente cuando se trabaja con estructuras anatómicas complejas o bajo condiciones de procesamiento restringidas. Este proyecto propone el uso del descriptor Punto-Contorno (CPS), un descriptor de forma basado en contornos que permite representar estructuras anatómicas de manera robusta, compacta y eficiente. Su diseño está orientado a operar en dispositivos con bajo costo computacional, lo cual lo convierte en una opción atractiva para entornos clínicos con infraestructura limitada.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 16/17

La propuesta se enfoca en aplicar el CPS al proceso de registro de imágenes médicas multimodales mediante la biblioteca del *Insight Toolkit*, específicamente entre tomografías computarizadas (CT) y resonancias magnéticas (MRI) de la cabeza humana. El CPS facilita la correspondencia precisa entre puntos clave de diferentes modalidades de imagen, sirviendo como base para registros rígidos de alta confiabilidad, con técnicas basadas en marcadores. La metodología contempla la implementación del descriptor utilizando frameworks modernos centrados en el análisis y segmentación médica, junto con la extracción automática o semiautomática de puntos característicos relevantes del contorno anatómico, donde se espera que estos contornos cerrados externos de la imagen sean representativos de la original. Las pruebas experimentales se realizarán sobre conjuntos de datos públicos, como la base RIRE, y se complementarán con evaluaciones sobre imágenes radiográficas y tomográficas. La eficiencia del CPS será cuantificado mediante métricas basadas en la distancia euclidiana o similares. Además de su precisión esperada, se busca que el CPS sea integrable con lenguajes y herramientas ampliamente utilizadas como Python y bibliotecas especializadas en imágenes médicas. Se prevé que este enfoque contribuya significativamente al desarrollo de soluciones accesibles y de bajo costo para el registro de imágenes en contextos clínicos con limitaciones tecnológicas.

Palabras clave:

registro de imágenes médicas, descriptor de forma, CPS, procesamiento de imágenes, resonancia magnética, tomografía computarizada

3. Equipo de investigadores

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 17/17

Nombre	Formación / Grado Académico	Sede/Grupo de Investigación/Carrera	Función y Actividad en el proyecto
Pedro Pablo Céspedes Sanchez	Doctorado	Facultad Politécnica UNA	Investigador Principal del proyecto
Alejandro José Giangreco Maidana	Doctorado	Facultad de Ingeniería UNA	Investigador asociado, Desarrollador principal y Estadístico. Implementador del CPS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 18/17

Oscar Leonardo Pedrozo González	Estudiante en iniciación científica.	Facultad Politécnica UNA	Alumno tesista de grado, desarrollador e Implementador.
---------------------------------------	--	-----------------------------	--

4. Área y especialidad de la propuesta

Área de Ciencias Naturales, específicamente en el campo de Ciencias de la Computación y Ciencias Informáticas. La especialidad abordada es el procesamiento de imágenes médicas, con énfasis en el diseño y aplicación de descriptores geométricos eficientes para el registro multimodal en contextos clínicos con limitaciones de infraestructura tecnológica.

5. Objetivos del proyecto

Objetivo general:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 19/17

Aplicar el descriptor Punto-Contorno (CPS) como una herramienta eficiente para el registro rígido de imágenes médicas multimodales, enfocándose en modalidades de tomografía computarizada y resonancia magnética, en entornos clínicos con recursos computacionales limitados.

Objetivos específicos:

- Diseñar e implementar el uso del descriptor CPS utilizando frameworks y lenguajes actuales orientados al procesamiento de imágenes médicas, con énfasis en eficiencia computacional.
- Desarrollar un procedimiento automático o semiautomático para la selección de puntos característicos del contorno anatómico a ser utilizado en el registro de imágenes.
- Evaluar la precisión y el rendimiento del CPS aplicado al registro de imágenes médicas mediante métricas cuantitativas como la distancia euclidiana, utilizando bases de datos abiertas pudiendo ser la del RIRE.

6. Resultados esperados y los medios para verificarlos Numerados, relacionados a cada objetivo específico.

- Se espera poder usar el CPS realizando llamadas desde Python de manera a integrar el código fuente existente con código en Python. Se realizaría con Jupyter Notebook ya que es un entorno colaborativo y educativo de fácil interpretación.
- Como el CPS trabaja con Contornos, se espera utilizar algún método de extracción de puntos disponible en el framework de ITK que sea capaz de extraer los puntos correspondientes a la imagen y guardarlos en alguna estructura de datos.
- De manera a poder verificar la efectividad del CPS en el registro de imágenes médicas se estarían utilizando métodos cuantitativos que incluyan la distancia entre puntos y cualitativos para describir la calidad de los resultados obtenidos. Como el resultado esperado en un registro es la superposición de las imágenes y en

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN N° 0309/2025

Pág. 20/17

consecuencia de los puntos, la distancia entre puntos resultante puede ser un indicativo de la calidad del registro.

7. Antecedentes y Justificación

El registro de imágenes médicas multimodales ha evolucionado significativamente en los últimos años, integrando diversas técnicas que buscan alinear con precisión modalidades como tomografía computarizada (CT) y resonancia magnética (MRI). Las aproximaciones clásicas se dividen en métodos basados en intensidad que optimizan funciones de similitud directamente sobre los valores de píxel y en métodos basados en características, que extraen rasgos de interés (puntos, contornos, curvas) para guiar la transformación geométrica¹. Dentro de estos últimos, los descriptores de forma así como firmas de contorno o descriptores basados en curvatura han demostrado ser especialmente robustos ante variaciones de iluminación y contraste entre modalidades distintas, al centrarse en la geometría de las estructuras anatómicas².

Paralelamente, los métodos basados en marcadores siguen siendo estándares en procedimientos quirúrgicos y de radioterapia donde se permite la colocación de fiduciales en el paciente. Estos marcadores aseguran una alta precisión métrica (milimétrica) al servir como puntos de referencia externos, aunque implican mayor complejidad e invasividad³. Para entornos clínicos con recursos computacionales limitados, esta carga procedural y tecnológica puede resultar prohibitiva, por lo que surge la necesidad de alternativas menos dependientes de hardware y procesos de imagen avanzados, además de menos invasivas para no estresar innecesariamente al paciente.

En cuanto a los métodos basados en contornos, se han desarrollado técnicas que extraen el esqueleto o el contorno explícito de estructuras anatómicas y buscan emparejar dichos contornos entre imágenes. Una aproximación pionera mostró que la correspondencia de curvas de contorno, optimizada mediante medidas de distancia local, puede lograr registros rígidos con buena exactitud y bajo coste computacional⁴. Estas técnicas ofrecen un compromiso favorable entre precisión y eficiencia, evitando la necesidad de procesar directamente todos los píxeles de la imagen.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 21/17

Mediante el uso de descriptores como el Descriptor Punto-Contorno (CPS) ⁵ para registro rígido de Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética de cabeza busca combinar la capacidad descriptiva de los contornos con algoritmos ligeros de correspondencia de puntos, permitiendo un flujo de trabajo ágil y replicable en hardware de bajo costo.

Para concluir, el estado del arte revela que es posible una transición hacia métodos basados en características geométricas, en este caso contornos que ofrecen registros precisos y eficientes, complementados por soluciones basadas en marcadores cuando la precisión milimétrica concede prioridad a la complejidad clínica. Nuestro proyecto se inserta en esta línea, proponiendo el uso del CPS de modo a demostrar su viabilidad como herramienta de registro multimodal en entornos con recursos computacionales limitados.

8. Materiales y Métodos

Materiales

Conjuntos de datos de imágenes médicas: Se utilizarán bases de datos públicas y accesibles que contengan imágenes médicas multimodales, como tomografías computarizadas (CT) y resonancias magnéticas (MRI) de la cabeza. Un ejemplo de estas bases es el RIRE (Retrospective Image Registration Evaluation), que proporciona imágenes y segmentaciones anatómicas necesarias para el entrenamiento y validación de algoritmos de registro.

Entorno de desarrollo computacional

Lenguaje de programación: Python, por su amplia adopción en el procesamiento de imágenes médicas y su compatibilidad con diversas bibliotecas especializadas.

Bibliotecas y frameworks

SimpleITK: Para la lectura, escritura y procesamiento de imágenes médicas.

NumPy y SciPy: Para operaciones matemáticas y procesamiento de datos.

Matplotlib y Seaborn: Para la visualización de resultados y análisis estadísticos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 22/17

Equipamiento computacional

Computadoras personales o estaciones de trabajo con especificaciones modestas, representativas de entornos clínicos con recursos limitados, para garantizar que el CPS sea aplicable en dichos contextos.

Metodología

Preprocesamiento de imágenes

Conversión de formatos propietarios a formatos estándar (por ejemplo, DICOM a NIfTI). Normalización de intensidades y resolución espacial para garantizar la comparabilidad entre imágenes de diferentes modalidades.

Selección de puntos característicos

Implementación de métodos automáticos o semiautomáticos para identificar puntos en los contornos anatómicos, utilizando técnicas como umbralización global y crecimiento de regiones.

Implementación del descriptor CPS

Desarrollo del algoritmo para ingresar datos al CPS y extraer características geométricas de contornos anatómicos en imágenes médicas. Optimización del código para asegurar eficiencia computacional y compatibilidad con equipos de bajo costo.

Registro de imágenes

Aplicación de transformaciones rígidas (traslación, rotación y escalado) basadas en la correspondencia de puntos característicos extraídos por el CPS. Evaluación de la precisión del registro mediante métricas cuantitativas.

Validación y análisis de resultados

- Se verificará la implementación funcional del descriptor CPS en un entorno de desarrollo basado en Python, empleando bibliotecas como SimpleITK y NumPy.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 23/17

- La eficiencia computacional será evaluada mediante pruebas de tiempo de ejecución, uso de memoria y capacidad de funcionamiento en equipos con recursos limitados (por ejemplo, laptops de gama media o baja). Se considerará satisfactorio si el CPS se ejecuta sin cuellos de botella y permite un flujo de trabajo viable en estos entornos.
- Se implementará una estrategia de extracción de puntos basada en técnicas de umbralización, detección de bordes y análisis de curvatura en regiones relevantes del contorno anatómico.
- La validación se realizará mediante inspección visual de la consistencia y distribución de los puntos seleccionados, así como la capacidad de estos puntos de guiar un registro geométricamente coherente.
- Se aplicará el CPS en registros rígidos entre pares de imágenes de modalidades diferentes (CT y MRI) del conjunto de datos RIRE.
- Se considerará exitoso si el CPS obtiene resultados comparables o superiores a métodos de referencia en la literatura, con tiempos de cómputo razonables.

9. Relevancia de la propuesta

Los resultados de esta propuesta contribuirán al avance del área de procesamiento de imágenes médicas en varios niveles. En primer lugar, se introduce y valida un nuevo descriptor geométrico, el Contour Point Signature (CPS), que ofrece una alternativa eficiente para el registro de imágenes multimodales. Esta técnica representa un aporte metodológico original en la forma de representar y correlacionar estructuras anatómicas a partir de contornos, lo que puede ser de interés tanto en contextos clínicos como académicos.

Además, la propuesta fortalece el enfoque hacia soluciones accesibles, desarrolladas para funcionar en entornos de bajo costo computacional, lo cual es particularmente relevante para países en desarrollo o sistemas de salud con recursos limitados. Esto abre una línea de investigación aplicada orientada a la democratización de tecnologías médicas avanzadas.

Desde el punto de vista científico, la validación experimental del CPS sobre bases de datos abiertas con métricas estandarizadas permitirá posicionar esta contribución en el mapa internacional de tecnologías para registro de imágenes. Asimismo, el trabajo promueve el uso de software libre, buenas prácticas de reproducibilidad científica y la integración con frameworks modernos utilizados en el ámbito médico, facilitando la adopción del método por otros investigadores y desarrolladores.

Finalmente, esta propuesta genera conocimiento transferible que puede derivar en futuras líneas de investigación interdisciplinarias, como su extensión a registros no rígidos, su



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 24/17

combinación con aprendizaje automático para reconocimiento de patrones, o su integración en sistemas de apoyo al diagnóstico.

10. Plan del trabajo

Tiempo de duración en meses: 3 meses

Inicio del proyecto: 06/05/2025

Finalización del proyecto: 25/07/2025

Resultado esperado	Actividades principales	Indicadores de éxito	Medios de Verificación	Supuestos/ imponderables	Tiempo de ejecución (semana N°)
CPS implementado en entorno de python	Revisión bibliográfica, diseño y codificación del descriptor CPS	Algoritmo funcional en Python	Repositorio de código, scripts de prueba	Acceso a herramientas y entorno de desarrollo	Semanas 1 a 2
Procedimiento automático o semiautomático funcional	Desarrollo de métodos de selección de puntos clave del contorno	Selección estable de puntos clave en imágenes médicas	Capturas y métricas de puntos seleccionados	Calidad de datos de entrada	Semanas 2 a 4
Base de datos preprocesada y pruebas realizadas	Descarga, conversión y segmentación de imágenes RIRE	Imágenes normalizadas y listas para prueba	Conjunto de imágenes procesadas	Disponibilidad y formato de datos	Semanas 3 a 5
Registro de imágenes completado y evaluado	Aplicación del CPS al registro rígido entre pares de imágenes CT/MRI	Resultados medidos por distancias euclidianas	Tabla de resultados y visualizaciones comparativas	Tiempo de cómputo aceptable	Semanas 5 a 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 25/17

Análisis comparativo con métodos de referencia	Comparación de resultados del CPS con registros tradicionales	Mejoras demostradas o desempeño comparable	Informe de evaluación	Disponibilidad de implementaciones comparativas	Semana 7
Documentación y difusión técnica	Redacción del informe final y presentación en formato FP-UNA	Informe técnico y visuales de resultados	Documento entregado a Dirección de Investigación	Tiempo suficiente para compilar y revisar	Semanas 8 a 9

11. Presupuesto

	Descripción del bien o servicio	Especificaciones básicas	Actividad	Subtotal Guaraníes
1	Pasajes y/o viáticos para congreso internacional (Brasil)	• Colectivo Asunción → Foz (ida y vuelta): 400000 PYG • Colectivo Foz → Río: Reales 531 /viaje/persona, entonces $531 \times 1414 \times 2$ PYG = 1501668 PYG • Alojamientos para 1 persona 1643 reales = 2.324.000 PYG • Comida 212 reales para 1 persona = $300.000 \text{ PYG} \times 5 \text{ días} = 1.500.000 \text{ PYG}$ • Movilidad con Uber = 138.332 PYG	Pasajes y/o viáticos	5 864 000 PYG



Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

ANEXO RESOLUCIÓN Nº 0309/2025

Pág. 26/17

2				
3				
4				
	Total			5.864.000

12. Estrategia de comunicación

Los resultados de investigación serán publicados en revistas científicas indexadas y/o presentadas en eventos académicos o científicos nacionales o internacionales.

13. Referencias bibliográficas

1. Darzi, F., & Bocklitz, T. (2024). *A review of medical image registration for different modalities. Bioengineering*, 11(8), 786.
<https://doi.org/10.3390/bioengineering11080786>
2. Guan, H., Liu, J., & Zhang, Y. (2018). A review of point feature based medical image registration. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 31(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1186/s10033-018-0275-9>
3. Taleb, A., et al. (2023). Image-to-patient registration in computer-assisted surgery of head and neck: State-of-the-art, perspectives, and challenges. *Journal of Clinical Medicine*, 12(16), 5398. <https://doi.org/10.3390/jcm12165398>
4. Li, H., Manjunath, B. S., & Mitra, S. K. (1995). A contour-based approach to multisensor image registration. *IEEE Transactions on Image Processing*, 4(3), 320–334.
<https://doi.org/10.1109/83.366480>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

Campus de la UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

ANEXO RESOLUCIÓN N° 0309/2025

Pág. 27/17

5. Giangreco Maidana, A. J., Legal Ayala, H. A., Schaerer, C. E., & Villamayor Venialbo, W. (2018). Contour-point signature shape descriptor for point correspondence. International Journal of Image and Graphics, 18(2), 3–13.