



#HechoEnElIPN

Rigoberto Juárez Salazar
Investigador del programa Cátedras
CONACYT adscrito al Centro de Investigación
y Desarrollo de Tecnología Digital (Citedi),
Instituto Politécnico Nacional (IPN).



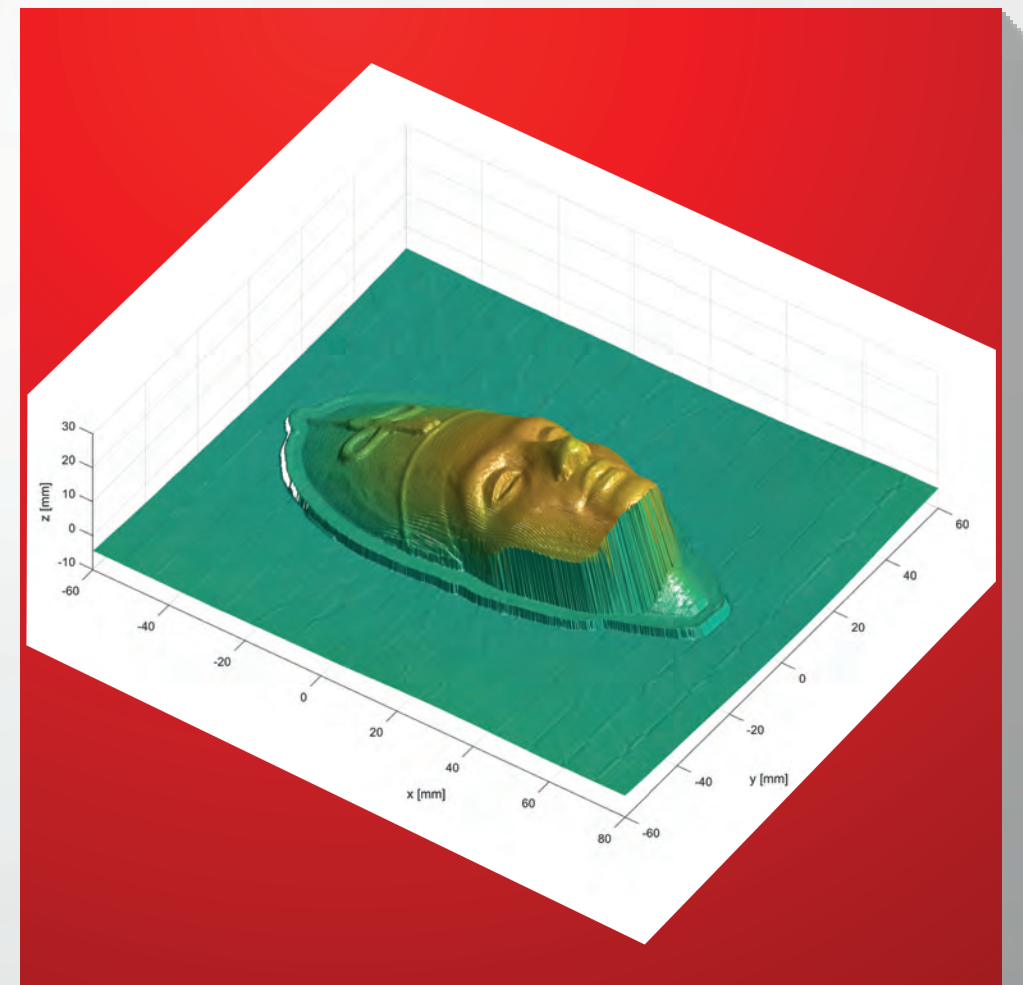
Sistemas avanzados de visión digital 3D

Nuestra habilidad para realizar prácticamente todas nuestras actividades cotidianas es posible gracias a nuestro **sentido de la vista**. Necesitamos la vista en acciones simples como caminar por una banqueta y cruzar la calle de forma segura. Más aún, nuestra vista es indispensable para actividades más complejas como conducir un automóvil. Pero hasta las actividades más ordinarias, como usar un teléfono inteligente para interactuar en las redes sociales, requiere de nuestro sentido de la vista.

Nuestro sistema visual ha evolucionado hasta convertirse en nuestro sentido más versátil y eficiente. La vista nos permite extraer una gran cantidad de información del mundo que nos rodea de forma casi instantánea e inconsciente. Por ejemplo, la vista nos permite detectar distancias, velocidades, tamaños, formas, y colores; y, en un nivel aún más abstracto, la vista nos permite percibir emociones de las personas que nos rodean con tan solo ver la expresión de sus rostros.

La invención de dispositivos para incrementar nuestra capacidad visual impulsó notablemente el desarrollo de la humanidad. Por ejemplo, la medicina moderna surgió gracias a la invención del microscopio que nos permitió observar la existencia de seres diminutos que provocan enfermedades. Asimismo, el telescopio estimuló impresionantes avances tecnológicos para la exploración espacial después de permitirnos contemplar otros mundos en la inmensidad del espacio.

En la actualidad, la comunidad científica en todo el mundo busca incansablemente construir sistemas de visión artificial más versátiles y potentes. La naturaleza 3D del espacio en el que vivimos es una característica esencial que los sistemas modernos de visión deben considerar. En el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital (Citedi) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) se



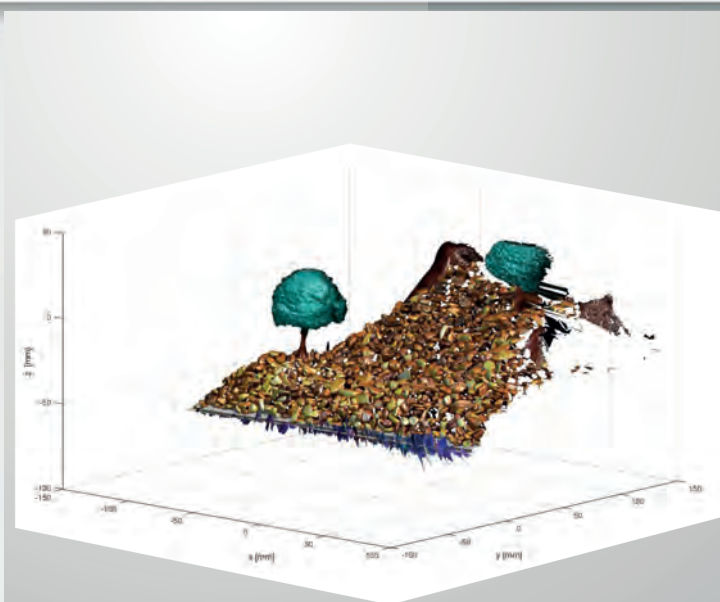
Los sistemas de visión 3D han incrementado la capacidad tecnológica especializada en la preservación y difusión de piezas arqueológicas. Asimismo, la precisión y fidelidad de las digitalizaciones 3D permite a científicos de todo el mundo estudiar piezas arqueológicas sin los altos costos que implica analizar la pieza física directamente.

desarrollan proyectos especializados en **sistemas avanzados de visión digital 3D**. Los avances de estas investigaciones abarcan aplicaciones que van desde el **monitoreo ambiental** y **navegación de vehículos**, hasta la **evaluación de espejos de telescopio** y **diagnóstico médico**, como se describe a continuación.

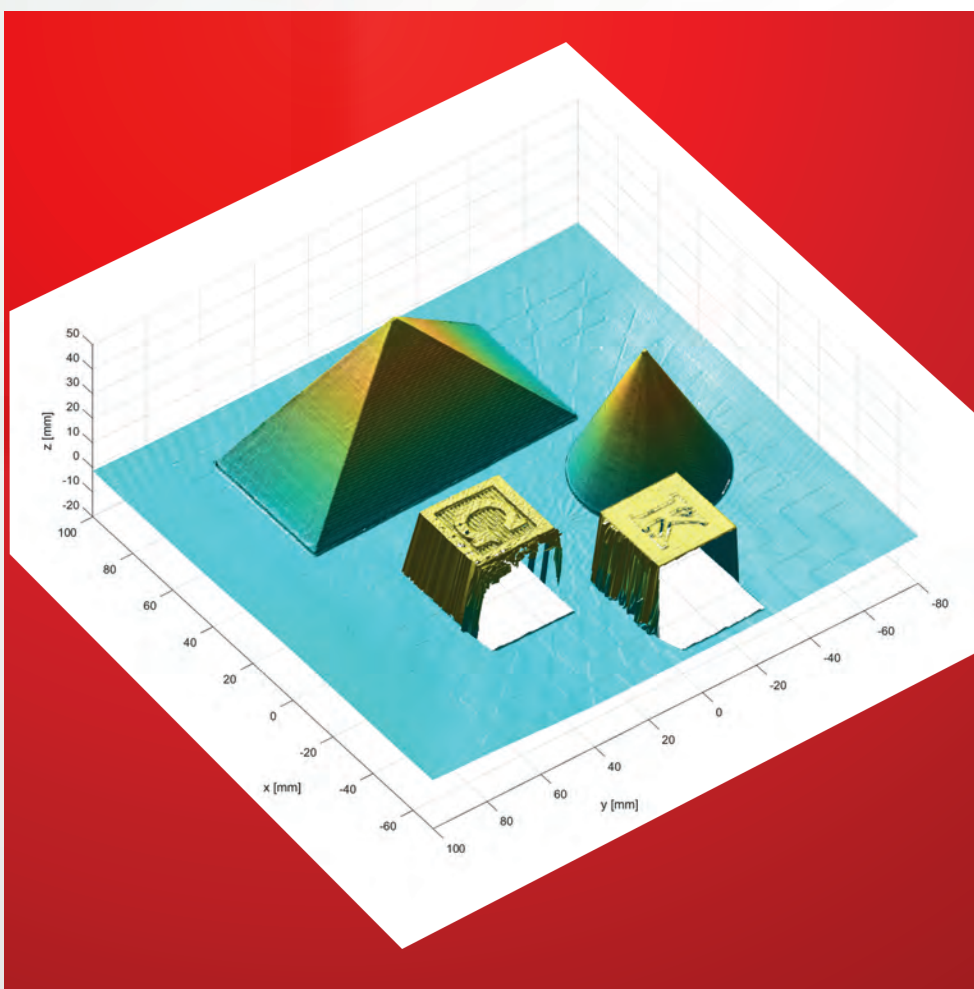
Monitoreo ambiental. En las últimas décadas se han identificado cambios en los patrones de comportamiento de especies ante el cambio climático. En México, la migración de la mariposa monarca es un ejemplo claro de este fenómeno. Otras especies, como los escarabajos, experimentan cambios notables en su estructura biológica en respuesta al cambio climático y la contaminación. En este caso, los investigadores deben estudiar, entre otras cosas, el cambio de tamaño y color de los escarabajos con altos niveles de exactitud. Como contribución a las herramientas tecnológicas para el monitoreo ambiental, en 2019 construimos un **sistema de proyección de luz estructurada para reconstrucción digital 3D a color** de escarabajos, durante una estancia de investigación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Riesgos en asentamientos urbanos. En el mundo, el aumento de población ha provocado asentamientos urbanos en suelos con desnivel. Para la evaluación de riesgo, además de considerar el tipo de suelo, el clima y la actividad sísmica, se debe medir con precisión el desplazamiento de puntos específicos de la zona. Para este problema, Emiliano Ruíz G. y Daniel A. Torres R. aplicaron los conocimientos adquiridos durante el verano científico del **Programa Delfín 2021** en el Citedi IPN y propusieron una **metodología de monitoreo de zonas con desnivel** basado en visión digital 3D. Además, construyeron un

En la industria manufacturera, la inspección de calidad es una tarea monótona y costosa realizada típicamente al final de la producción empleando mediciones manuales de algunas muestras aleatorias. Los sistemas de visión 3D han incrementado la calidad del producto terminado al permitir la inspección de todos los productos elaborados empleando mediciones automáticas de forma y color a gran velocidad y bajo costo en distintos puntos de la línea de producción.



La precisión y facilidad de uso de los sistemas de visión permite realizar mediciones de campo en 3D para evaluar condiciones de suelo tales como asentamientos y erosión. Asimismo, los sistemas de digitalización 3D permiten monitorear la dinámica de los suelos para evaluar el impacto de la actividad humana tal como la construcción de autopistas, puentes, túneles y edificios.



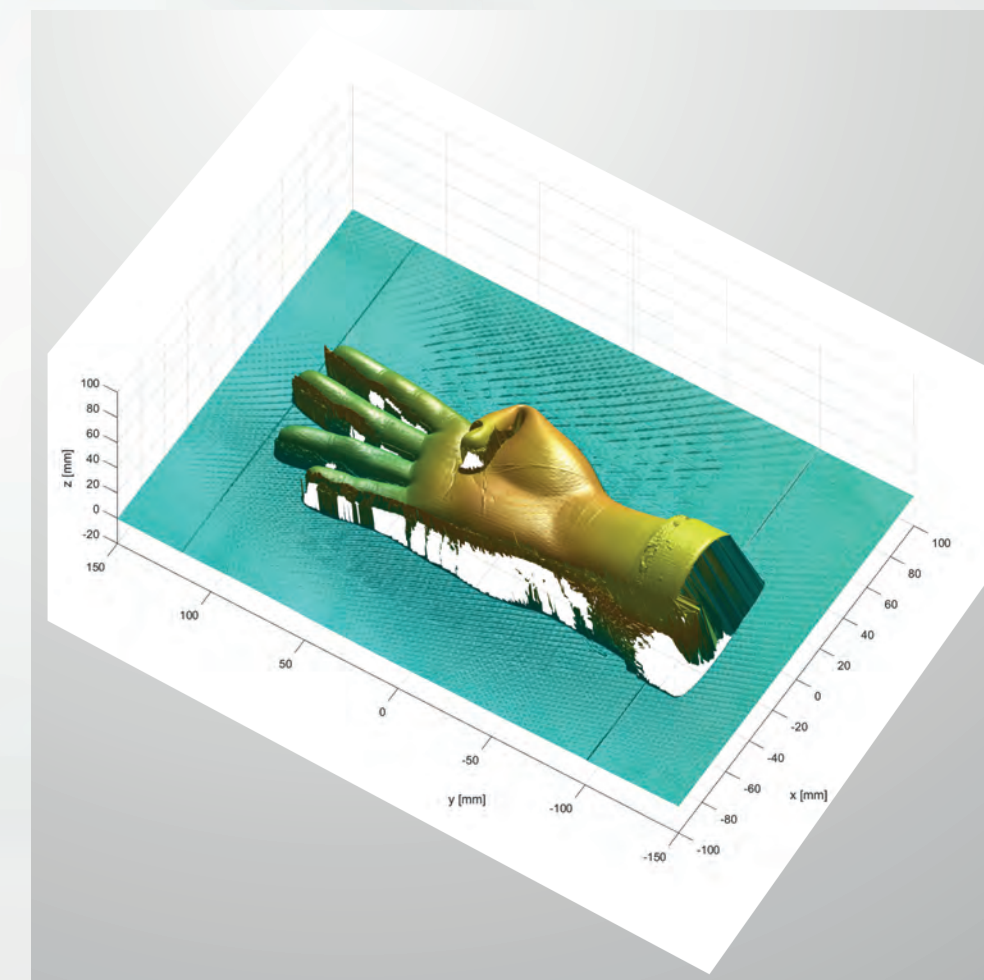
perfilómetro de proyección de luz estructurada como alternativa tecnológica para el entrenamiento de ingenieros en la evaluación de riesgos en asentamientos urbanos usando digitalización 3D de modelos a escala.

Preservación y difusión cultural. En México, existen instituciones dedicadas al estudio, conservación y difusión del patrimonio cultural nacional. Sin embargo, las exposiciones se ven limitadas debido a la fragilidad de las piezas, los altos costos de reparación y la alta especialización requerida del personal a cargo. Ante esta problemática, José L. Quiñonez B., durante su estancia de verano científico del Programa Delfín 2021 en el Citedi IPN, construyó un **sistema de proyección de franjas para digitalización 3D de piezas arqueológicas**. El trabajo desarrollado además presenta la posibilidad de impulsar la difusión cultural empleando aplicaciones de **realidad virtual** y **realidad aumentada**.

Navegación de vehículos. Las redes de transporte actuales están evolucionando hacia el uso de **vehículos autónomos**. Para estos vehículos, es indispensable el desarrollo de **sistemas de visión avanzados para navegación autónoma**. Actualmente, S. Sofía Esquivel H., Cesar I. González M., y Oscar E. García V., estudiantes de ingeniería mecatrónica en la Universidad de Colima, desarrollan su tesis de licenciatura bajo nuestra co-asesoría; trabajan en la construcción de un **sistema de visión estacionario de tres cámaras** para detectar la posición de un robot móvil sobre una pista y así realizar la retroalimentación del controlador de movimiento. Asimismo, Juan Zheng Wu, estudiante de doctorado en el Citedi IPN, desarrolla un **sistema a bordo de visión multidimensional** para retroalimentación del control de movimiento de vehículos móviles. Los fundamentos teóricos de estos temas de investigación fueron estudiados por Saúl A. Flores R. durante el verano científico del Programa Delfín 2021 en el Citedi IPN, quien propuso un sistema de visión estacionario para el seguimiento de trayectoria de vuelo de cohetes experimentales.

Seguridad. Hasta hace poco, la seguridad era un tema casi exclusivo de empresas y organizaciones. Sin embargo, en la actualidad nuestras compras y pagos en internet, correos electrónicos y acumulación de información sensible en dispositivos inteligentes hacen de la seguridad un tema de interés generalizado. En el verano científico del Programa Delfín 2021, José M. Soler G. y Luis F. Sánchez G. construyeron un **sistema de visión 3D para digitalización facial y extracción de datos biométricos**. Además, en el contexto de las condiciones sanitarias actuales, este sistema en particular ofrece una alternativa segura de control de acceso debido a que la captura óptica de datos evita la exposición del usuario al contacto de superficies en los puntos de control de acceso.

Evaluación de espejos de telescopio. La utilidad de cualquier sistema de medición depende de la sensibilidad y precisión que se puede alcanzar. Existen aplicaciones que demandan altos niveles de sensibilidad. Por ejemplo, para capturar imágenes de alta calidad, los elementos ópticos del sistema tales como lentes, prismas y espejos se deben fabricar con exactitudes del orden de nanómetros (un nanómetro equivale a un milímetro dividido por un millón). En el Citedi IPN, hemos desarrollado modelos matemáticos y algoritmos de procesamiento de imágenes que permiten diseñar técnicas especiales de **evaluación de espejos de telescopios**. Además del impacto directo en el desarrollo tecnológico de **instrumentación óptica para astronomía**, el resultado de esta investigación ofrece la



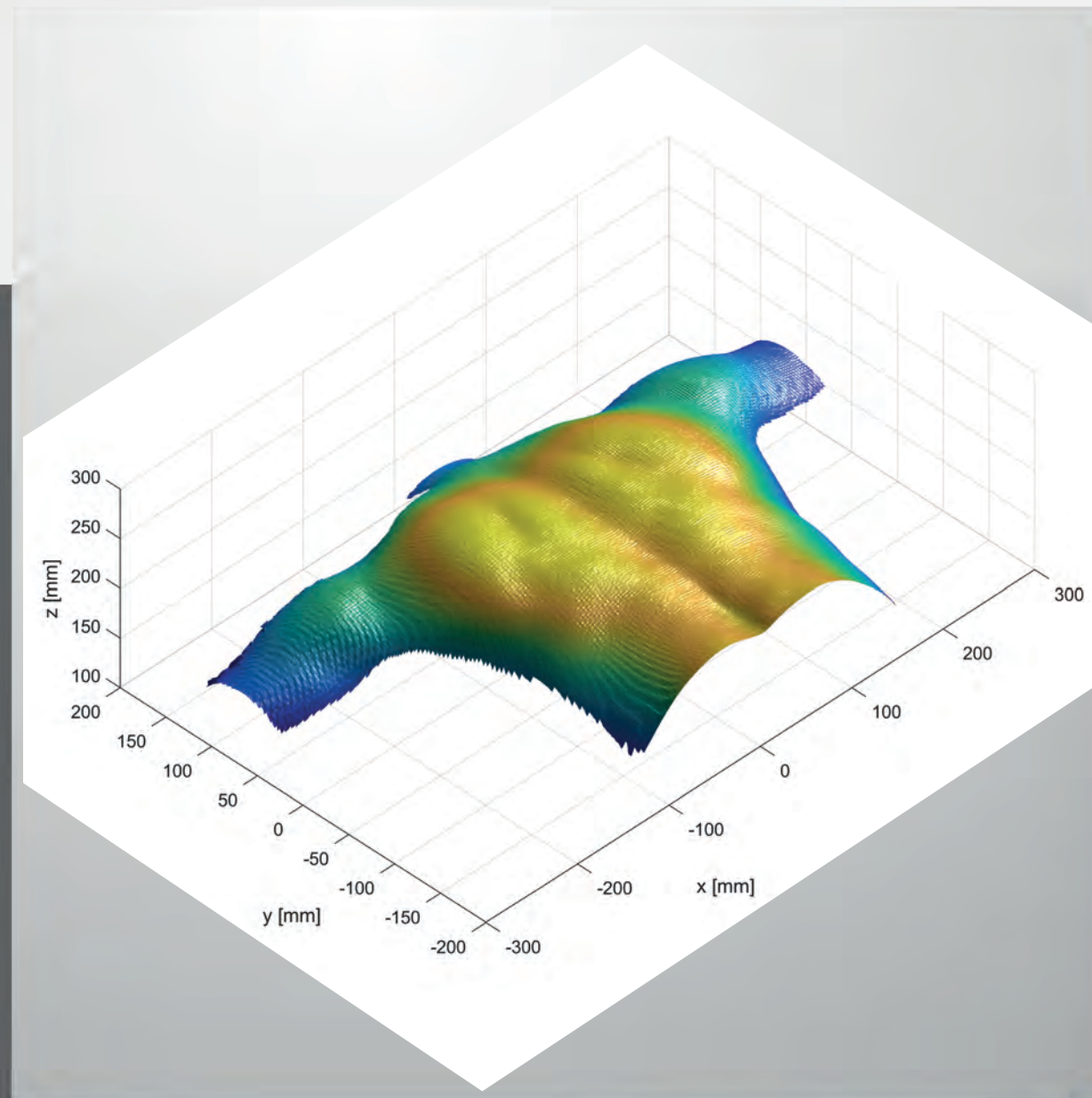
Uno de los métodos más comunes de control de acceso requiere capturar las huellas dactilares del usuario. El nivel de seguridad de estos sistemas se ha incrementado sustancialmente con el uso de sistemas de visión 3D para registrar información adicional tal como las características antropométricas de la palma del usuario.

posibilidad de desarrollo de **metrología óptica** útil en la industria automotriz, por ejemplo, en la inspección del acabado y pintura de automóviles.

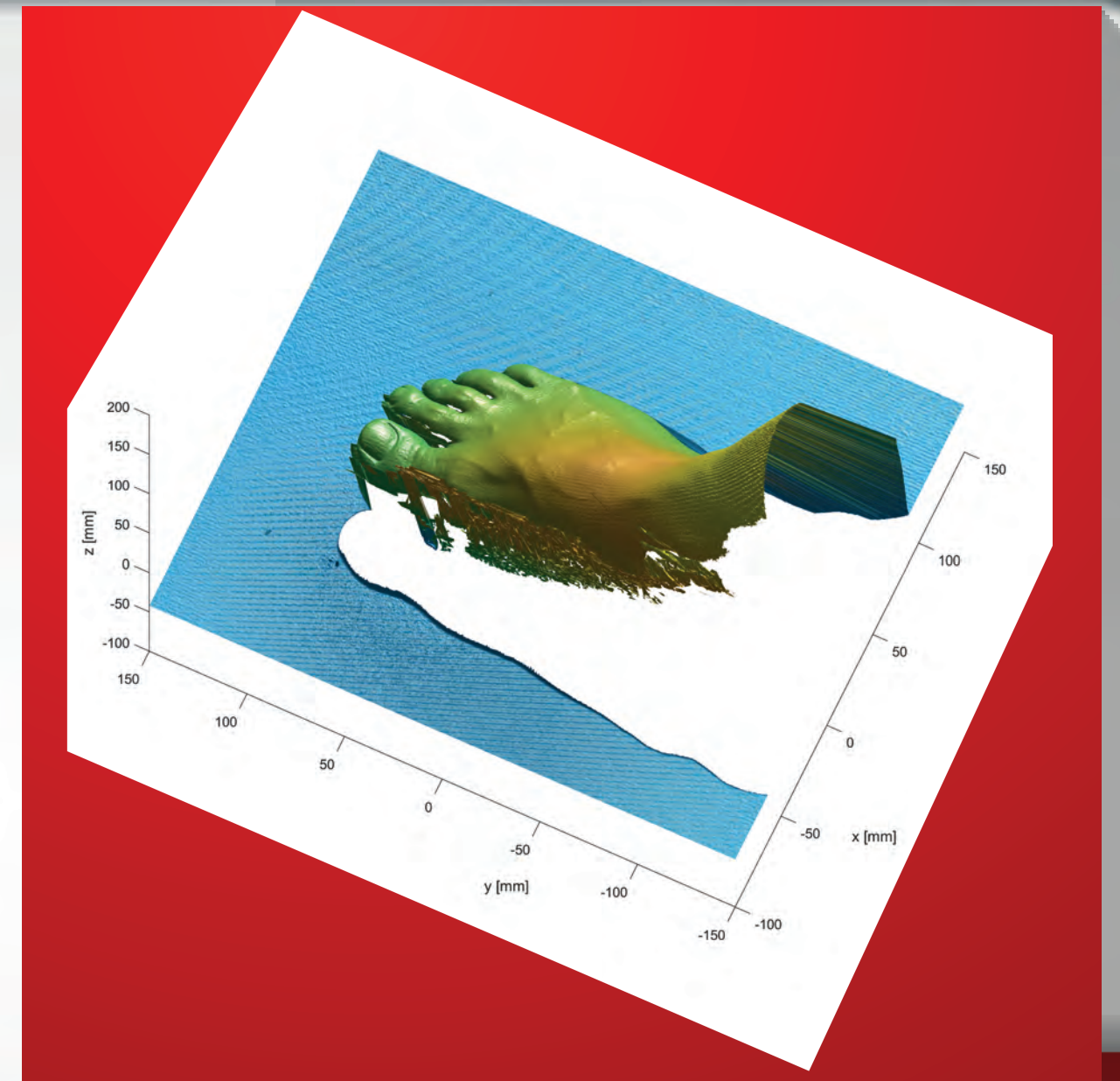
Diagnóstico médico. El padecimiento de deformación craneal en bebés es una alteración que puede avanzar a etapas críticas cuando no se detecta a tiempo. Los métodos de diagnóstico convencionales

requieren estudios costosos debido al uso de equipos especiales. Durante la estancia de verano del Programa Delfín 2021 en el Citedi IPN, Diego M. Castillo G. empleó un sistema de proyección de franjas como alternativa de bajo costo para el diagnóstico y seguimiento en la deformación de cráneo en bebés. Por otro lado, las lesiones en la columna vertebral son un padecimiento muy común en la población debido al trabajo

pesado, el deporte, y algunas actividades físicas cotidianas como conducir un automóvil por intervalos de tiempo prolongados. Estas lesiones pueden provocar incapacidad permanente cuando no se detectan a tiempo. Benjamín O. Mendieta C. aplicó los conocimientos adquiridos durante su estancia de verano del Programa Delfín 2021 en el Citedi IPN para diseñar un perfilómetro basado en luz estructurada para digitalización 3D



La detección de lesiones de columna vertebral requiere estudios médicos costosos tales como rayos X y tomografía. En la actualidad, se está explorando el uso de sistemas de visión 3D para detectar lesiones de columna vertebral midiendo la deformación 3D de la espalda del paciente mientras realiza una rutina física controlada.



En la actualidad, la facilidad de uso de los sistemas de visión 3D y los bajos costos de adquisición han favorecido al desarrollo de la industria de los productos personalizados. En la imagen se muestra una digitalización 3D típica de la extremidad inferior derecha útil para el diseño y fabricación de calzado ortopédico.

de la espalda del paciente. Este perfilómetro es una alternativa de diagnóstico simple, portátil y de bajo costo que podría ser empleado directamente en zonas de riesgo como líneas de producción industrial, gimnasios e incluso el hogar.

En el pasado, los desarrollos pioneros en sistemas ópticos impulsaron el avance científico y tecnológico de la humanidad. Para el futuro, se prevé que los sistemas de

visión 3D serán indispensables para prácticamente toda la actividad humana. En este contexto, es importante incrementar en el presente nuestra ciencia, tecnología e innovación en esta línea de investigación. Todas y todos los interesados en el estudio y desarrollo de sistemas avanzados de visión digital 3D son bienvenidos al Citedi IPN.

Las y los estudiantes pueden abordar los temas descritos y otros temas afines al

realizar estancias de investigación, prácticas profesionales, tesis de licenciatura y estudios de posgrado en los programas de **Maestría y Doctorado en Ciencias en Sistemas Digitales**. Incorpórate a nuestro centro de investigación para forjar tu carrera de investigador y contribuir en el desarrollo científico y tecnológico de la próxima generación de sistemas avanzados de visión digital 3D. **U**