



## LA INGENIERÍA MECÁNICA ES UNA CUESTIÓN DE PIEL

*En el Grupo de Investigación en Biomecánica e Ingeniería de Rehabilitación – GIBIR, la ingeniería mecánica se les ha metido tanto en la piel que han empezado a estudiar esta última para conocer mejor sus propiedades.*

El profesor Juan Fernando Ramírez nunca se imaginó en el 2005 que la propuesta de tesis de dos estudiantes de ingeniería mecánica iba a desembocar en la creación de un grupo de investigación y en la piel como uno de sus temas de estudio.

“Me dijeron que querían hacer un modelo numérico de una prótesis de rodilla para su tesis” recuerda el profesor. Aunque conocía bien los modelos numéricos, no estaba familiarizado con el mundo de los amputados y sus prótesis y, en el proceso de conocerlo vio la necesidad de hacer investigaciones que pudieran beneficiarlos.

“La mayoría de las amputaciones en el país se dan por accidentes de tránsito” afirma Juan Pablo Valderrama, médico fisiatra de Ottobock-Orthopraxis, institución líder en ayudas protésicas y que ha prestado su apoyo a GIBIR. “La segunda causa sería la violencia - por ejemplo, minas antipersonales - y luego las enfermedades vasculares periféricas, especialmente en personas con diabetes”.

Según cifras gubernamentales, la mayoría de las personas con discapacidades pertenecen a los estratos 1, 2 y 3 y solo un tercio reciben servicios de rehabilitación. Además, el 42% de las personas que han sufrido una amputación por diabetes, necesitará pasar por el mismo procedimiento en su otra extremidad de uno a tres años después.

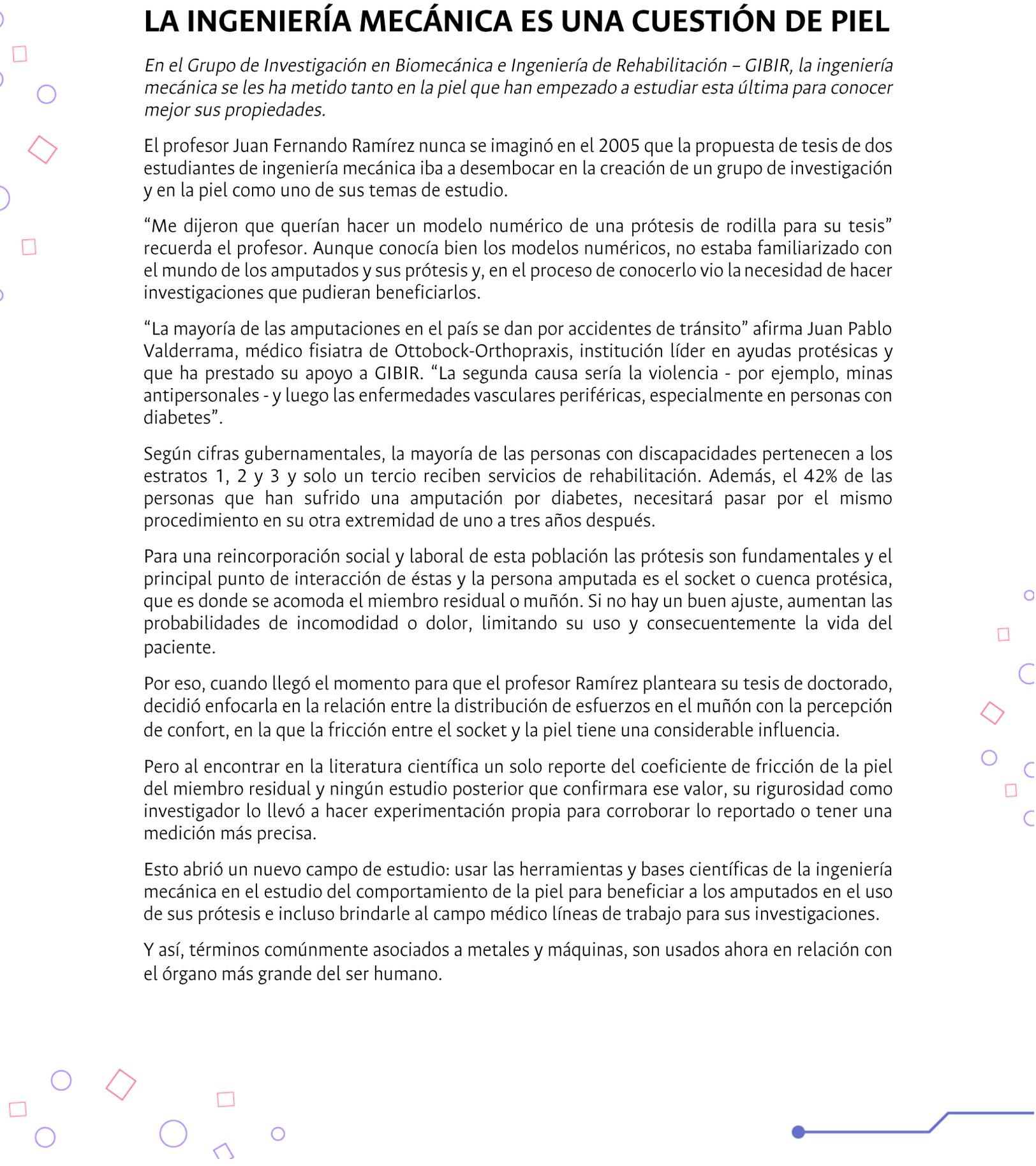
Para una reincorporación social y laboral de esta población las prótesis son fundamentales y el principal punto de interacción de éstas y la persona amputada es el socket o cuenca protésica, que es donde se acomoda el miembro residual o muñón. Si no hay un buen ajuste, aumentan las probabilidades de incomodidad o dolor, limitando su uso y consecuentemente la vida del paciente.

Por eso, cuando llegó el momento para que el profesor Ramírez planteara su tesis de doctorado, decidió enfocarla en la relación entre la distribución de esfuerzos en el muñón con la percepción de confort, en la que la fricción entre el socket y la piel tiene una considerable influencia.

Pero al encontrar en la literatura científica un solo reporte del coeficiente de fricción de la piel del miembro residual y ningún estudio posterior que confirmara ese valor, su rigurosidad como investigador lo llevó a hacer experimentación propia para corroborar lo reportado o tener una medición más precisa.

Esto abrió un nuevo campo de estudio: usar las herramientas y bases científicas de la ingeniería mecánica en el estudio del comportamiento de la piel para beneficiar a los amputados en el uso de sus prótesis e incluso brindarle al campo médico líneas de trabajo para sus investigaciones.

Y así, términos comúnmente asociados a metales y máquinas, son usados ahora en relación con el órgano más grande del ser humano.





## ***Propiedades mecánicas... ¿de la piel?***

Cuando se habla de propiedades mecánicas la mayoría de la gente piensa en materiales de uso industrial. Pero las características de dureza, resistencia, elasticidad, plasticidad y resiliencia también pueden determinarse en la piel.

Ésta es un material de varias capas y, a pesar de que se han reportado un amplio rango de propiedades para cada una de ellas, no se ha estudiado la influencia de estos parámetros en su respuesta mecánica como conjunto. Para elaborar una ecuación que caracterice esa respuesta la investigadora Jesica Isaza López ha dejado, literalmente, su piel en su tesis de doctorado.

“Debía elegir una técnica de visualización que me permitiera conocer mejor la geometría de la piel y el espesor de la epidermis, dermis e hipodermis que son las capas que la componen” explica. Comparó varias técnicas – *incluida una biopsia hecha en ella misma* - e identificó que la resonancia magnética era la mejor opción para medir la deformación de la piel al aplicarle una fuerza determinada y así calcular sus propiedades mecánicas

Tomó imágenes de la piel del antebrazo de 32 pacientes entre los 18 y 54 años, estableció el grosor de las capas y luego volvió a tomar imágenes mientras una punta esférica aplicaba una presión sobre la piel. Este instrumento, llamado indentador, fue una innovación hecha en el marco de la investigación para que fuera portátil y no afectara la imagen tomada por la resonancia magnética, al ser hecho en acrílico.

Gracias a estas mediciones se identificó que las propiedades mecánicas de la piel son determinadas en mayor medida por el grosor de cada una de las capas que la conforman, más que por su comportamiento mecánico individual que fue similar en cada uno de los individuos examinados. “Esto no estaba reportado, sólo las propiedades de la piel como conjunto y las de cada capa. No la relación de los espesores” aclara Jesica Isaza.

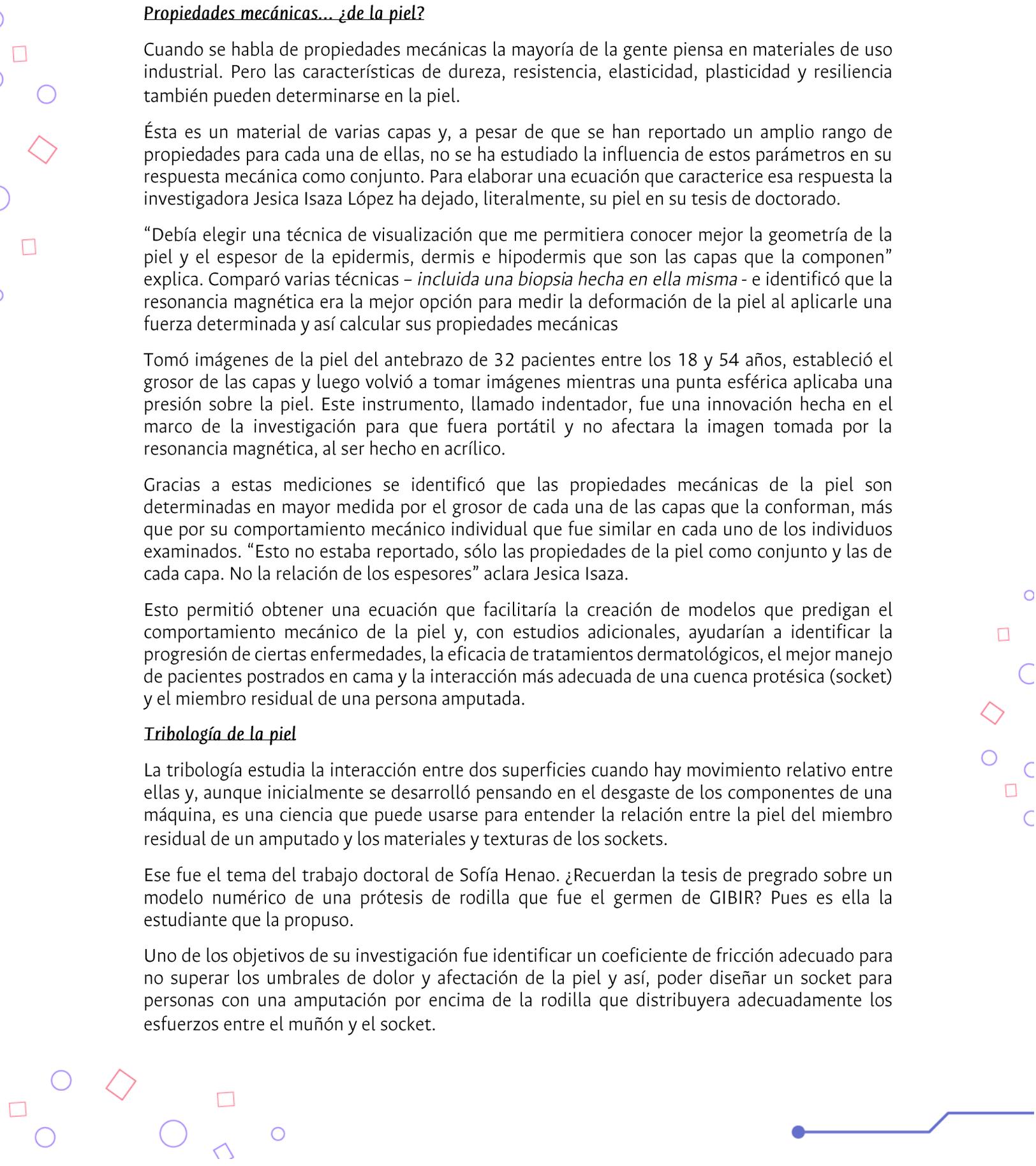
Esto permitió obtener una ecuación que facilitaría la creación de modelos que predigan el comportamiento mecánico de la piel y, con estudios adicionales, ayudarían a identificar la progresión de ciertas enfermedades, la eficacia de tratamientos dermatológicos, el mejor manejo de pacientes postrados en cama y la interacción más adecuada de una cuenca protésica (socket) y el miembro residual de una persona amputada.

## ***Tribología de la piel***

La tribología estudia la interacción entre dos superficies cuando hay movimiento relativo entre ellas y, aunque inicialmente se desarrolló pensando en el desgaste de los componentes de una máquina, es una ciencia que puede usarse para entender la relación entre la piel del miembro residual de un amputado y los materiales y texturas de los sockets.

Ese fue el tema del trabajo doctoral de Sofía Henao. ¿Recuerdan la tesis de pregrado sobre un modelo numérico de una prótesis de rodilla que fue el germen de GIBIR? Pues es ella la estudiante que la propuso.

Uno de los objetivos de su investigación fue identificar un coeficiente de fricción adecuado para no superar los umbrales de dolor y afectación de la piel y así, poder diseñar un socket para personas con una amputación por encima de la rodilla que distribuyera adecuadamente los esfuerzos entre el muñón y el socket.





Esta distribución de esfuerzos depende mucho del conocimiento y experiencia de quienes construyen la cuenca protésica, su selección de materiales y su identificación de las zonas sensibles del muñón/miembro residual. Según el doctor Valderrama una interacción inadecuada puede influir en la incidencia de dermatitis, foliculitis o alergias en el miembro residual de los amputados.

El diseño también debe permitir que se tenga un buen control de la prótesis durante su uso. “Es importante que haya un balance de la fricción entre el socket y el miembro residual: que no se lastime la piel pero que tenga el agarre suficiente para que no haya pistoneo” o deslizamiento relativo entre ellos, señala Sofía Henao.

En su tesis de doctorado se hicieron mediciones de distintas regiones de la anatomía del miembro residual de 22 pacientes con un tribómetro portátil que se desarrolló y validó para este proyecto. A través del desplazamiento sobre la piel de una rueda del material y textura que se quiere probar, este instrumento mide la fuerza normal y la tangencial con las que se calcula el coeficiente de fricción.

Una vez determinados estos valores se ingresaban en modelos numéricos de interacción para hallar la combinación de material y textura apropiada para no superar los umbrales de dolor e irritación de la piel y así tener una medición precisa en la que apoyarse para diseñar el socket.

Con esta información se manufacturaron dos prototipos, uno con un menor coeficiente de fricción que el otro, para que fueran probados por un amputado y así confirmar los resultados obtenidos en los modelos computacionales.

### *Dedicación que se lleva en la piel*

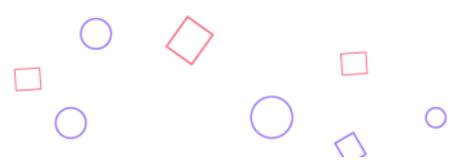
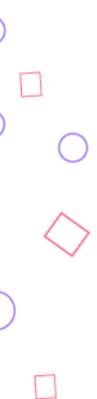
El proceso que llevó al profesor Ramírez a estudiar la dinámica de la interacción de las personas amputadas con sus prótesis fue el primer paso en la construcción de una masa crítica de estudiantes interesados en estudiar la biomecánica de esta población y en la creación de GIBIR.

Y al indagar a fondo y ser exhaustivos en el desarrollo de sus proyectos de investigación, buscaron llenar vacíos en el conocimiento de algo que se asume ha sido estudiado profundamente y que no sería de interés para la ingeniería mecánica: la piel.

Así se ha consolidado un grupo de investigación que, como demuestran estas dos tesis doctorales, no solo realizan proyectos de vanguardia y rompen paradigmas sobre lo que hace un ingeniero mecánico. También apuntan a mejorar el bienestar de miles de personas que están buscando superar las dificultades que una amputación causa en su día a día.

Ese es el mejor resultado.

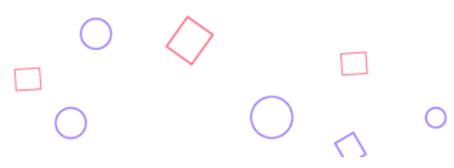
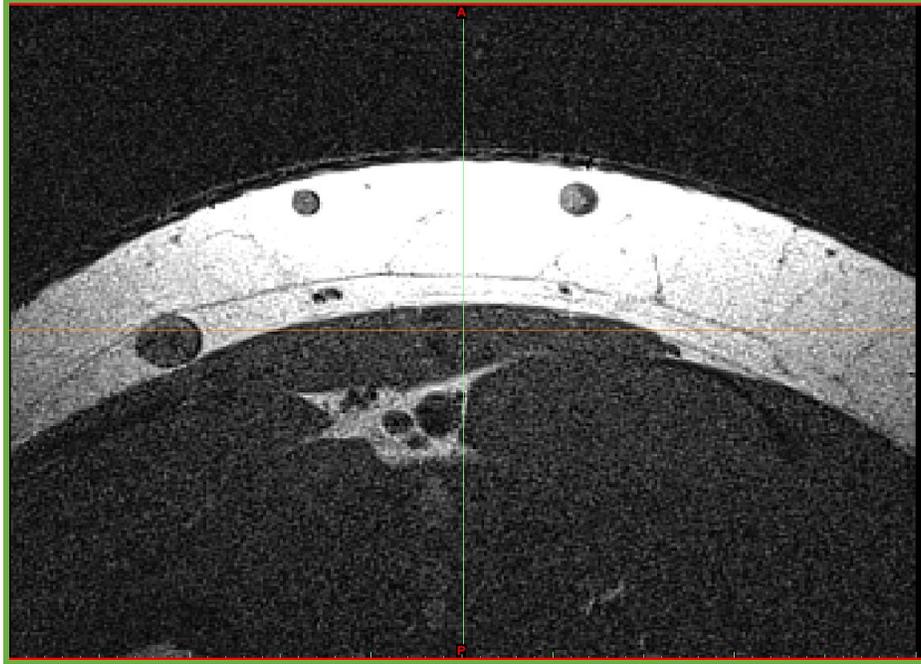
*Palabras claves: biomecánica; rehabilitación; piel; ingeniería mecánica; prótesis; amputados; propiedades mecánicas; elasticidad; plasticidad; tribología; modelos numéricos;*





*Capas de la piel*

*Biopsia de Jesica Isaza*

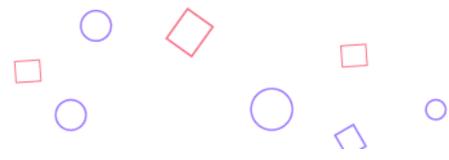
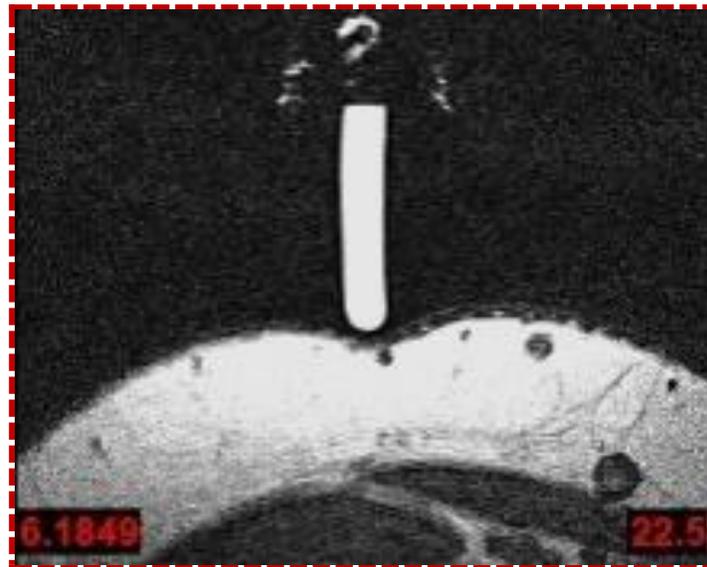




*Resonancia Magnética de la piel.*

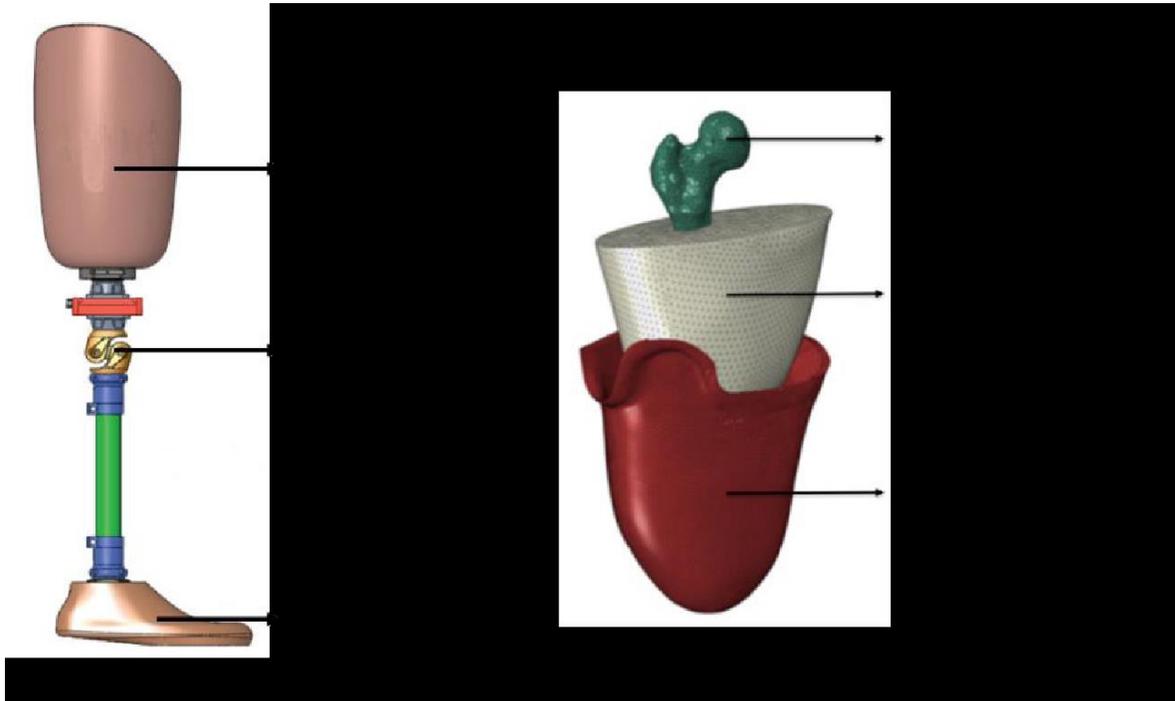


*Indentador portátil en acrílico desarrollado para la investigación*

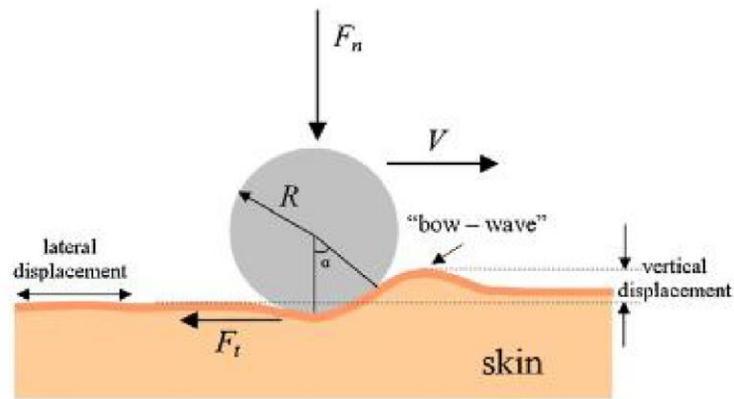




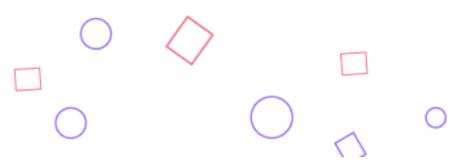
Resonancia durante la indentación de la piel.

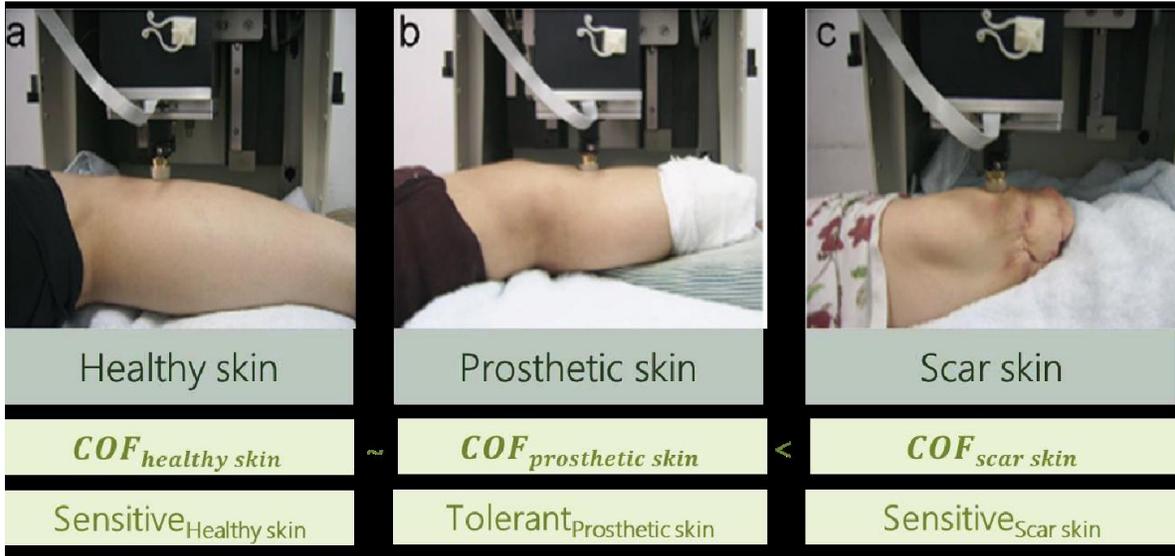


Prótesis amputadas transfemorales y detalle socket o cuenca protésica.

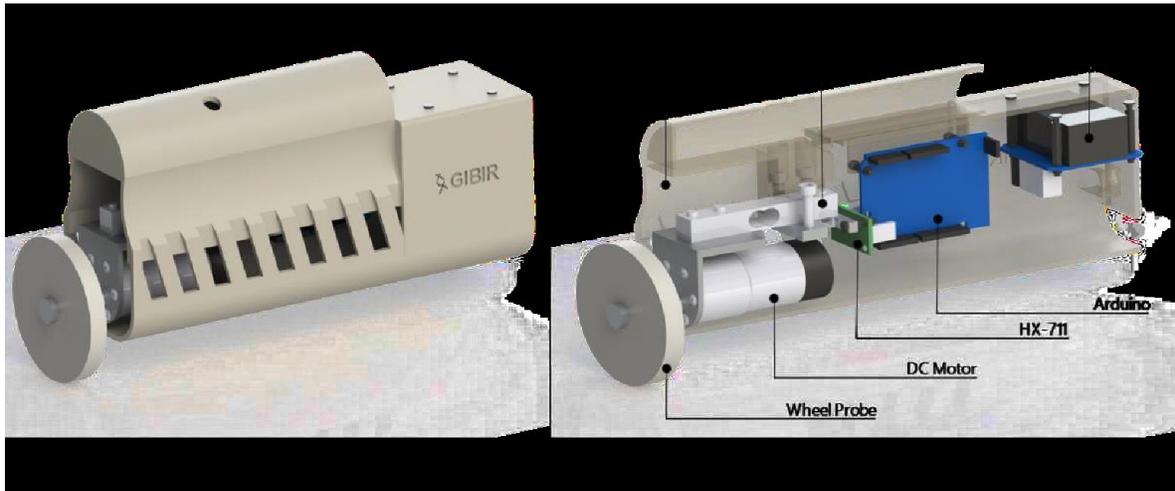


Gráfica representando deformación de la piel por el tribómetro

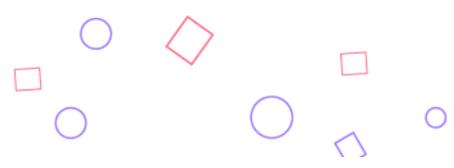




Medición reportada en amputado transtibial

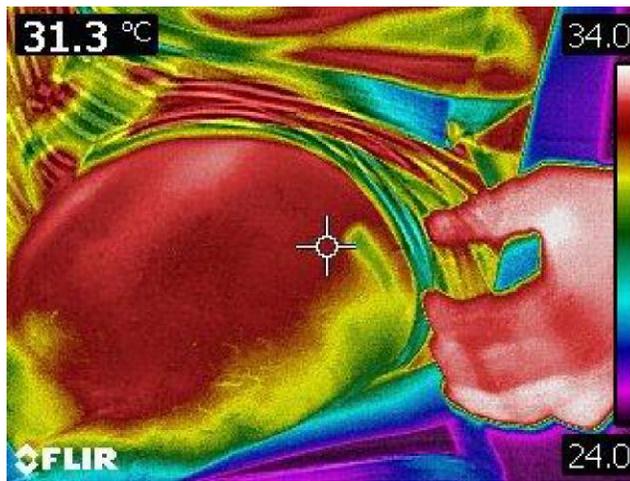


Tribómetro diseñado para el proyecto

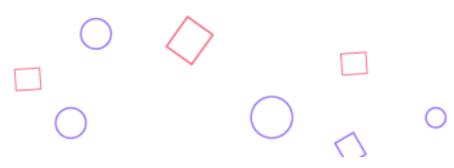




*Medición del coeficiente de fricción en miembro residual*



*Termografía de miembro residual tras aplicar contacto a una fuerza determinada*





Textura interna del socket y prueba de prótesis con socket de mayor coeficiente de fricción.

