

SUPERHÉROES: prótesis personalizadas impresas en 3D

Proyecto ganador del I Premio MUPITI “Ingeniería para las personas”, que tiene como finalidad poner en valor el papel de la aplicación de la ingeniería en buscar soluciones para mejorar las condiciones de seguridad y bienestar en las personas particularmente desfavorecidas o en riesgo de exclusión social.

Por Beatriz S. Lueje, Claudia G. Canelo, María González y Ramón Rubio

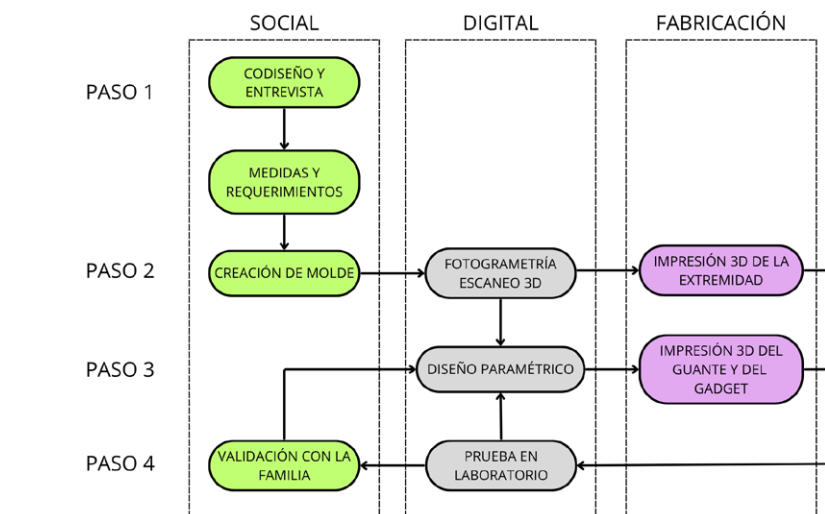
A veces, la ingeniería más efectiva no nace en centros de investigación avanzados, sino como respuesta directa a problemas reales sobre el terreno. La idea de este proyecto no surgió frente a una pantalla en España, sino durante mi estancia en la República Dominicana como cooperante en el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD, y en estrecha colaboración con la ONG Guakía Ambiente. Allí descubrí una realidad compleja: organizaciones locales y estudiantes de la Universidad Autónoma de Santo Domingo necesitaban realizar levantamientos topográficos con el fin de proyectar infraestructuras esenciales para el suministro de agua y electricidad en comunidades vulnerables. ¿El problema? Los equipos comerciales de posicionamiento satelital de alta precisión (GNSS-RTK) tienen costes prohibitivos para ellos.

A Sandra le gusta tocar la guitarra, jugar a las cartas y andar en bici. Parecen actividades comunes para una niña de nueve años, pero ella las hace de forma diferente. No se agarra al manillar de la bicicleta con las manos, sino con una prótesis impresa en 3D.

La prótesis que lleva Sandra fue fabricada en MediaLab, un laboratorio de tecnología y diseño de la Universidad de Oviedo. MediaLab está formado en su mayoría por estudiantes en prácticas.

Combinamos la ingeniería con muchas otras disciplinas, siempre buscando un impacto social positivo.

Un ejemplo es el proyecto “Superhéroes”, en el que diseñamos prótesis personalizadas y las imprimimos en 3D, sin ningún coste para los usuarios. Es lo que permite a niños y niñas como Sandra montar en bici o tocar la guitarra. Pero no solo ayudamos a niños. En el proyecto también participan personas adultas, como Pedro, al que estamos



Esquema del procedimiento de trabajo del equipo que lleva a cabo el proyecto “Superhéroes”.

fabricando una prótesis que le ayude a coger la muleta.

El Proyecto

Según la Federación Española de Ortesistas y Protesistas, en España hay más de 4 millones de personas que “dependen de una prótesis, una silla de ruedas o algún otro tipo de ayuda técnica para mantener su autonomía”.

En algunos casos se debe a la agenesia, una condición que provoca que las personas no desarrollen por completo las extremidades. En otros, a enfermedades o accidentes que desembocan en amputaciones.

Normalmente, las personas a las que les falta alguna extremidad recurren a las prótesis que les facilita el sistema sanitario. Pero estas suelen ser pesadas y, aunque no lo parezca, delicadas. Son muchos los niños y niñas que no quieren ponerse las prótesis porque con ellas no pueden jugar. Además, las prótesis pueden llegar a ser muy caras, y cambiarlas a medida que un niño crece supone un coste muy elevado.

Para los adultos también hay complicaciones. No todo el mundo puede cargar con el mismo peso, y para algunas personas resulta muy difícil utilizar sus prótesis para tareas cotidianas, como preparar el desayuno o escribir la lista de la compra. Por otro lado, hay prótesis estéticas que no resultan funcionales. Por ejemplo, pueden tener la apariencia de una mano, pero no estar articuladas ni permitir a la persona que la usa coger objetos.

Es cierto que las prótesis facilitadas por los centros de salud y las prótesis estéticas tienen sus ventajas y cubren muchas necesidades. Pero ¿por qué resignarse a no ser capaz de prepararte tu propio desayuno, o a no jugar en el patio del colegio? “Superhéroes” surge con estas personas en mente, con el objetivo de cubrir sus necesidades con prótesis ligeras y personalizadas, de bajo coste para los fabricantes y gratuitas para los usuarios.

El proyecto empezó su andadura a finales de 2018. El laboratorio Me-



En el proceso de creación del molde se utilizan técnicas de fotogrametría.

diaLab de la Universidad de Oviedo estaba colaborando con el grupo de trabajo "Autofabricantes", del centro cultural MediaLab-Prado de Madrid (a pesar del nombre, los dos centros no guardaban ninguna relación anterior).

En Madrid llevaban a cabo la iniciativa SuperGiz, en la que ya fabricaban prótesis personalizadas con impresión 3D. El equipo de MediaLab prestó su apoyo a la iniciativa y, cuando terminó la colaboración, decidió iniciar el proyecto Superhéroes en la Universidad de Oviedo. Desde el laboratorio en Gijón, Asturias, siguieron fabricando prótesis, esta vez estableciendo una relación más larga con los usuarios. Desde entonces se han diseñado prótesis para 17 familias, de lugares tan distantes como España, México y Camboya.

Actualmente, el proyecto está dirigido por Ramón Rubio y María González, profesores de la Universidad de Oviedo. Actúan como coordinadores y ayudan a los estudiantes, que son quienes diseñan y fabrican las prótesis. Todos aportamos nuestro granito de arena, ya sea desde la ingeniería mecánica, la electrónica, la terapia ocupacional o la enfermería. De nada nos serviría ser unos expertos en diseño 3D si no sabemos a qué músculos puede afectar la prótesis, reforzándolos o atrofiándolos. Lo importante es ayudar a las personas, y la clave para conseguirlo está en esa variedad de puntos de vista, que nos permite diseñar teniendo en cuenta la salud y la comodidad del paciente.

El proceso de diseño

A continuación, se explican las cuatro etapas que se siguen en el proyecto: co-diseño y toma de medidas, creación del molde, diseño e impresión 3D de la prótesis, y validación con la familia.

Etapas 1: co-diseño, entrevista y toma de medidas

Son los propios usuarios quienes se ponen en contacto con MediaLab, llamando por teléfono, escribiendo a través del email o las redes sociales. Nos cuentan cuál es su caso y para qué necesitarían la prótesis, y se concierta una cita en la que puedan visitar nuestro laboratorio, en Gijón (o reunirse online).

El primer paso es hablar con la persona para entender sus necesidades. Para nosotros es muy importante que el usuario esté implicado en el diseño de la prótesis, por eso decimos que se trata

de un proceso de co-diseño, en el que las personas aportan sus ideas y preferencias.

Luego llega el momento de tomar las medidas. Como nuestro objetivo es personalizar las prótesis lo máximo posible, necesitamos que las medidas sean muy fiables. Por eso, en lugar de limitarnos a medir la extremidad, hacemos un molde.

Etapas 2: creación del molde

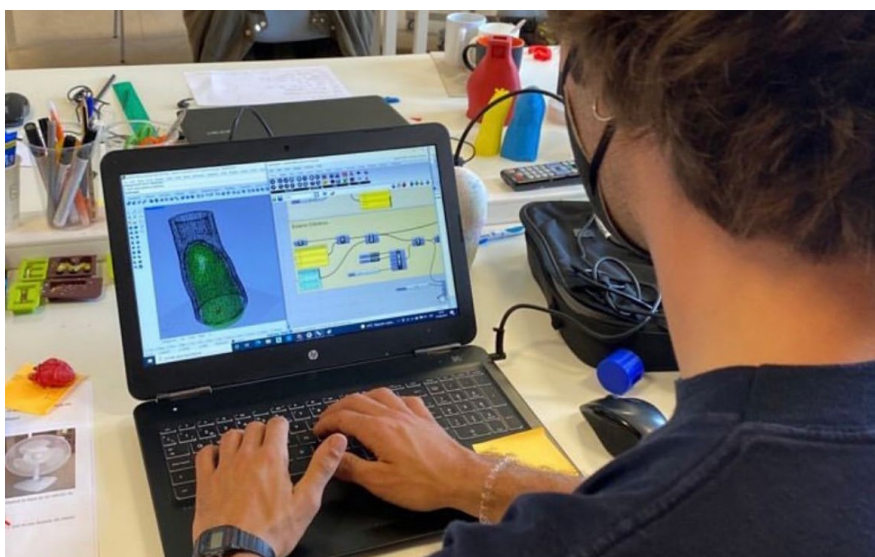
Utilizamos alginato, el material blando que se usa en el dentista para tomar medidas de los dientes. El usuario introduce la extremidad en un recipiente con alginato durante unos minutos. Cuando el alginato está seco, se retira la extremidad, dejando un hueco con su forma que nosotros rellenamos con yeso. De este modo, conseguimos una réplica idéntica a la extremidad de la persona, que nos servirá como referencia.

Aun así, esta réplica no es ideal para trabajar. Al ser de yeso, resulta demasiado frágil. Necesitamos algo más manejable, con lo que los estudiantes puedan hacer pruebas sin miedo a que se rompa. Para solucionar este problema, decidimos imprimir en 3D una "copia" de la réplica, que conseguimos mediante técnicas de fotogrametría.

Primero se pinta la réplica en diferentes colores, para que el software detecte bien su forma y no se refleje la luz en el color blanco del yeso. Luego, se fotografía alrededor de todo el perímetro y se digitaliza. El software Autodesk ReCap genera un modelo tridimensional a partir de las fotos: una malla. Por un lado, se imprime en 3D la malla para tener una copia de la extremidad con la que hacer pruebas. Por otro, se importa la malla al programa en el que se diseñará la prótesis, Rhinoceros 3D.

La fotogrametría puede ser muy cansada para la persona encargada de sacar las fotos. Por eso, los estudiantes hemos fabricado nuestro propio "estudio de fotografía" para evitar esa fatiga. Está compuesto por un trípode, que sirve de sujeción al móvil o cámara, y una base rotativa conectada por bluetooth al dispositivo de fotografía (móvil o cámara). A medida que la base rotativa gira, el dispositivo toma las fotografías hasta que la base completa una vuelta entera. Además, el estudio cuenta con un fondo negro neutro, que elimina elementos externos no deseados.

Aun así, la malla no será perfecta.



Un miembro del equipo del proyecto "Superhéroes" trabaja en el diseño de una prótesis.



El diseño de la prótesis debe respetar el movimiento natural del cuerpo, para que resulte cómoda y funcional.

Antes de imprimirla y trabajar con ella, es necesario mejorarla, borrando imperfecciones y escalando el tamaño hasta llegar a las proporciones adecuadas.

Etapas 3: diseño e impresión 3D

En base a estas medidas, ya podemos ponernos a diseñar. Nuestras prótesis estarán formadas por dos elementos: el guante y los gadgets.

El guante es la parte principal de la prótesis. Es donde se introduce la extremidad, y se adapta perfectamente a ella. También es lo más difícil de diseñar, ya que debe tener una forma orgánica, que imite la del cuerpo de la persona y no limite sus movimientos.

Para conseguir esto, utilizamos un programa de diseño algorítmico que genera el guante automáticamente a partir de la malla. El diseño algorítmico funciona interconectando operaciones gráficas, en las que se trabaja con las mallas introducidas en el programa. Además, define parámetros que podemos modificar en tiempo real. Esto nos facilita adaptar las prótesis a distintas personas y re-adaptarlas a medida que crecen o cambian anatómicamente, agilizando el tiempo de desarrollo del producto.

El guante cuenta con varios enchufes a los que se pueden acoplar distintos gadgets intercambiables: un lápiz, una cuchara, una púa de guitarra... Los gadgets son intercambiables y pueden servir para varias personas distintas.

Son piezas simples, con geometrías básicas o formas primitivas (prismas, esferas, cilindros...). En nuestro caso, las diseñamos con Autodesk Inventor,

que nos permite modelarlas en 3D rápidamente.

Una vez que hemos diseñado el guante y los gadgets, llega el momento de imprimirlos en 3D. La impresión 3D es un proceso de fabricación aditiva: el modelo digital se divide en capas (en nuestro caso, de 0.2 mm de espesor), y la impresora va depositando el material siguiendo la forma de esas capas, hasta fabricar la pieza completa.

Los gadgets se imprimen en PLA (Polylactic Acid), un plástico biodegradable y rígido, que aporta estabilidad estructural. El guante, sin embargo, se imprime en TPU (Thermoplastic Polyurethane), que es más flexible, cómodo para la extremidad, y resiste bien el desgaste y las deformaciones. Además, se puede modificar la rigidez de los diseños jugando con el relleno de material y el espesor de la pared.

Cuando ya tenemos todo impreso, necesitamos retirar las piezas de los soportes de impresión. Después, lijamos la superficie para evitar defectos que puedan dañar al usuario. Y ya solo nos queda el montaje de la prótesis, en el que ensamblamos manualmente los componentes. Para que los materiales no hagan daño a la piel, cubrimos el interior del guante con material EVA (etilvinilacetato) de uso quirúrgico, que se utiliza también en centros sanitarios. Y, por último, incorporamos elementos de sujeción como velcros o tornillos.

Etapas 4: validación con la familia

El último paso es que los usuarios prueben las prótesis, para comprobar si están cómodos y si los gadgets cumplen

bien su función. También nos aseguramos de que el diseño respete el movimiento natural del cuerpo, y re-adaptamos lo que sea necesario para que la prótesis resulte cómoda y funcional.

Si las familias viven lejos de Gijón, les enviamos las prótesis a casa para que las prueben. Y siempre podemos acompañar el paquete de dibujos de unicornios o pegatinas, justamente, de "superhéroes".

Formación de los estudiantes

En este proyecto hay algo que va más allá de las medidas y la impresión 3D: la formación de los estudiantes que lo llevamos a cabo. Diseñamos las prótesis y los gadgets, hacemos pruebas de resistencia de materiales y fabricamos las prótesis. Aprendemos a trabajar en equipo con personas de otras disciplinas y ganamos experiencia real. Y sí, claro, aprendemos sobre ingeniería. Pero también aprendemos a hablar con la gente, a empatizar con personas en situaciones difíciles. A hablar con niños y personas mayores, teniendo en cuenta sus preferencias en el proceso de diseño. Porque el objetivo de "Superhéroes" es siempre ayudar a las personas como mejor sabemos.

Hace unos meses, en algún lugar de México, Sandra, de nueve años, estaba abriendo un paquete con pegatinas de superhéroes. Nunca antes había montado en bicicleta. Ahora, desde los vídeos que nos envía su familia, Sandra nos cuenta que le encanta ir en bici, jugar a las cartas y tocar la guitarra. Como a muchas otras niñas de nueve años. Sí, justo como a ellas.

Las personas mencionadas en el texto y las situaciones descritas son casos reales, pero se ha modificado el nombre y edad de los usuarios de Superhéroes para proteger su identidad y privacidad.

Beatriz S. Lueje es comunicadora científica y responsable de divulgación de MediaLab; **Claudia G. Canelo** es estudiante de ingeniería mecánica y coordinadora del proyecto Superhéroes; **María González** es profesora de enfermería en la Universidad de Oviedo y subdirectora del área de Cuidados de MediaLab, y **Ramón Rubio** es profesor de ingeniería en la Universidad de Oviedo y director de la Cátedra MediaLab. E-mail: medialab@uniovi.es. Tel. 985 18 24 90.