

## E2: INFORME DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE USABILIDAD

En esta fase del proyecto, se busca rediseñar la estructura del sistema HomeITB doméstico con el fin de mejorar la usabilidad y el confort de este. Para ello, se ha realizado un estudio previo tanto de las carcacas como de la electrónica con el fin de identificar posibles mejoras en su diseño. Adicionalmente, se ha programado una aplicación móvil intuitiva y fácil de utilizar que permite capturar los registros de las señales domésticas de los pacientes.

En el presente documento, se detallan los resultados del estudio de usabilidad y confort, así como la construcción definitiva del sistema HomeITB doméstico y la aplicación móvil desarrollada.

### 1. Rediseño del sistema HomeITB

El rediseño del sistema doméstico HomeITB incluye modificaciones tanto en la propia electrónica como en las carcacas. En este apartado, se detallan los cambios realizados en el diseño, así como el procedimiento seguido hasta alcanzar la construcción definitiva de este.

#### 1.1. Carcacas

Tras haber realizado pruebas del sistema con distintos usuarios, se pudieron detectar algunas mejoras necesarias en cuanto al diseño de las carcacas para mejorar la calidad de la toma de datos en la mano y en el pie, así como el confort y comodidad de los pacientes que deberán emplear el sistema en un entorno doméstico. A continuación, se detallan las posibles mejoras observadas.

- Redondear los bordes: Para evitar que las esquinas puntiagudas puedan dañar la piel sensible de los pacientes (especialmente de las personas de edad avanzada), y que se produzca una herida o posteriormente una posible complicación.
- Mejorar el sistema de apertura y cierre: Se ha planteado un sistema de muelles y botones que permite abrir y cerrar las cajas de forma sencilla.
- Cubrir la zona del sensor del dedo de la mano: Al cubrir el sensor se evita que la luz exterior incida de manera directa sobre este, pudiendo perjudicar a la señal resultante.
- Modificar el agarre de la caja en el dedo hallux del pie: Se han planteado dos formas de agarre de la caja en el pie, la primera de ellas consiste en sujetar con una cinta el dedo hallux. La segunda de ellas se utilizaría en aquellos pacientes que presenten amputación del dedo hallux, por lo que deberán sujetar la caja al pie mediante otra cinta de mayor longitud.
- Incluir zonas acolchadas: Con el fin de mejorar la comodidad de las cajas, se ha decidido acolchar las zonas en las que se colocarán los dedos de las manos y pies.
- Incluir el logotipo en la parte superior de las cajas: Se incluirá el logotipo de Medical Robotics con el fin de mejorar la estética del sistema.

- Incluir una luz visible en la parte exterior: Esto permite que los usuarios puedan identificar cuándo está encendido o apagado el sistema.

### 1.1.1. Fabricación de prototipos

Tras contemplar las posibles mejoras en el sistema, se ha procedido con el rediseño de las cajas. Para ello, se ha utilizado el software de modelado 3D Autodesk Fusion 360 para realizar las modificaciones oportunas, y la impresora Bambu Lab X1 Carbon para fabricar los prototipos. La Figura 1 muestra algunos de los prototipos fabricados a lo largo del proceso de rediseño de las carcasas.



**Figura 1:** Prototipos de las carcasas fabricadas con distintas propuestas de diseño.

Tras fabricar los distintos prototipos y realizar las pruebas de confort y usabilidad de las carcasas, se propone como prototipo final del sistema doméstico HomeITB el equipo que se muestra en la Figura 2. Además, en esta misma figura se puede ver una comparación entre el diseño inicial del sistema y el rediseño final.



**Figura 2:** Comparativa entre el sistema HomeITB diseñado inicialmente, y el prototipo final de las carcasas de la mano y el pie. En la izquierda, el diseño anterior; en la derecha, el nuevo diseño de las cajas.

### 1.2. Electrónica

Por otra parte, ha sido imprescindible realizar un rediseño en las PCBs que componen el sistema HomeITB debido a los siguientes motivos y mejoras propuestas.

- Adaptar la electrónica del pie al sensor MAX86150: Debido a que el sensor MAX86160 utilizado anteriormente en las PCBs del pie ha quedado obsoleto,

se ha decidido utilizar el sensor MAX86150 en su lugar, por lo que ha sido necesario realizar modificaciones en la configuración de los componentes de la placa.

- Modificar la posición del led: Con el fin de mejorar la visibilidad del led desde la parte exterior de las carcasas en el nuevo rediseño de estas, ha sido imprescindible cambiar su ubicación en las placas.
- Serigrafiar la placa: Se ha decidido mejorar la estética de las placas mediante la serigrafía del logotipo de Medical Robotics en ellas.

Como resultado de estas modificaciones, se tienen las placas de mano y pie que se muestran en la Figura 3.



**Figura 3:** Rediseño de la electrónica. En la izquierda, la cara inferior; en la derecha, la cara superior con el sensor y el led.

Tras realizar las modificaciones oportunas en las carcasas y la electrónica del sistema HomeITB, se ha decidido fabricar diez equipos completos para su uso en el entorno doméstico.

## 2. Desarrollo de la aplicación móvil

HomeITB es una tecnología innovadora que permite obtener el índice tobillo-brazo (ITB) en un entorno doméstico a través de una aplicación móvil y los dos dispositivos portátiles mencionados anteriormente, los cuales miden las ondas de pulso (en pie y mano) y la señal ECG. El siguiente apartado explica en detalle la aplicación móvil HomeITB desarrollada, desde la estructura de la base de datos y su conexión con la aplicación, hasta el funcionamiento para realizar correctamente las mediciones de los pacientes.

### 2.1. Base de datos

La aplicación HomeITB se ha desarrollado en la plataforma Firebase de Google utilizando la base de datos NoSQL Cloud Firestore. El proceso de conexión con esta base de datos inicia desde el propio paciente, el cual a través de su teléfono móvil puede acceder a la app HomeITB para realizarse las mediciones que sean oportunas y subirlas de forma automática a la base de datos. Por otra parte, el médico podrá acceder a dichos datos desde un dispositivo portátil para analizarlos. La Figura 5 muestra de forma visual el funcionamiento de la aplicación HomeITB.



**Figura 5:** Esquema del funcionamiento de la aplicación HomeITB y su conexión con la base de datos.

Además, esta base de datos se estructura en colecciones y documentos, siendo las colecciones principales Admins (contiene la información relativa a los administradores, los cuales serán médicos y programadores de la aplicación) y Datos (contiene los datos relativos al paciente: ID, email, altura, nombre completo y mediciones realizadas).

La base de datos está vinculada a una aplicación móvil con el fin de que los pacientes y médicos puedan realizar las mediciones y acceder a los registros tanto en el hospital como en un entorno doméstico utilizando un dispositivo móvil. Esta aplicación tiene una interfaz intuitiva y fácil de utilizar.

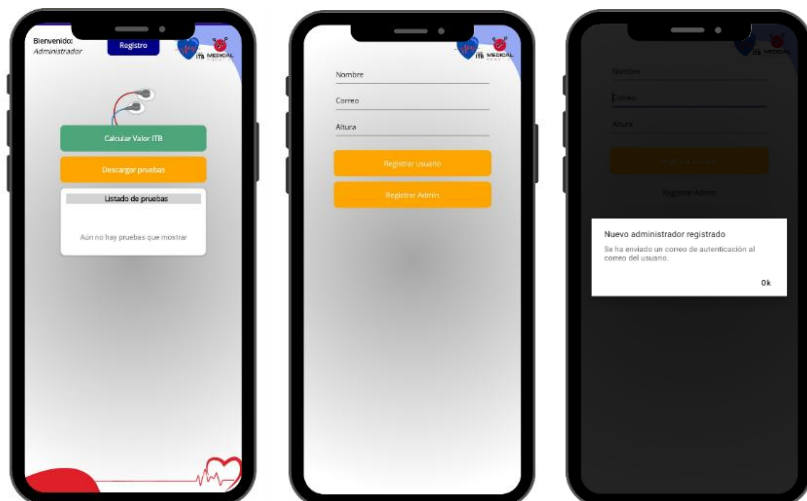
## 2.2. Inicio de sesión y registro de usuarios

La Figura 6 muestra la pantalla de inicio de la aplicación, en ella tanto pacientes como administradores (médicos y programadores) pueden hacer un login para acceder. En el caso de los administradores, estos deberán iniciar sesión introduciendo su correo electrónico y contraseña. Por otra parte, los pacientes deberán iniciar sesión introduciendo únicamente el correo electrónico, ya que el módulo authentication de Firebase guarda las credenciales de los pacientes cuando se registran por primera vez simplificando así el proceso de login.



**Figura 6:** Pantalla de inicio de sesión de la aplicación móvil. En la izquierda, la interfaz del administrador; en la derecha, la interfaz del paciente.

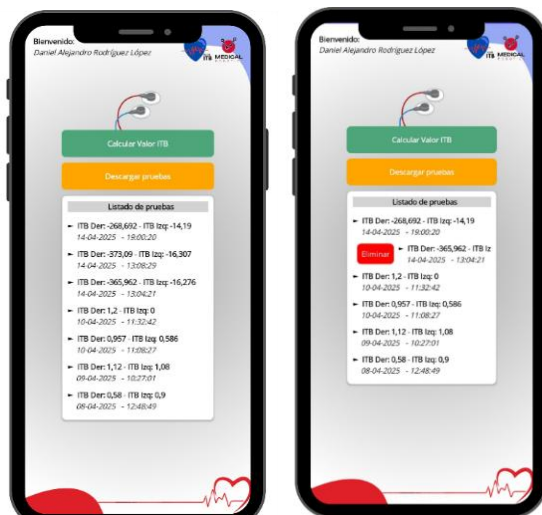
Por otra parte, cuando el administrador hace login en la aplicación, se mostrará un botón en la parte superior de la pantalla que llevará a un formulario de registro el cual servirá para registrar tanto a pacientes como a administradores. Una vez se ha registrado el usuario, se muestra en la pantalla un cartel que indica que el registro se ha realizado correctamente. La Figura 7 muestra la interfaz de registro de usuarios.



**Figura 7:** Interfaz para realizar el registro de pacientes y administradores. En la primera pantalla se muestra la interfaz de administrador para acceder al formulario de registro; en la segunda, el formulario de registro; en la tercera pantalla, un cartel que indica que el registro ha sido exitoso.

### 2.3. Consultar datos de los pacientes

En la Figura 8 se pueden observar todas las tomas que se ha realizado un paciente. Esta lista se puede obtener pulsando el botón naranja (descargar pruebas), además, deslizando cualquier toma hacia la izquierda o derecha se podrá eliminar dicha toma.



**Figura 8:** Interfaz con la lista de mediciones realizadas en un paciente. En la izquierda, la lista de tomas; en la derecha, el botón de eliminar que aparece al deslizar.

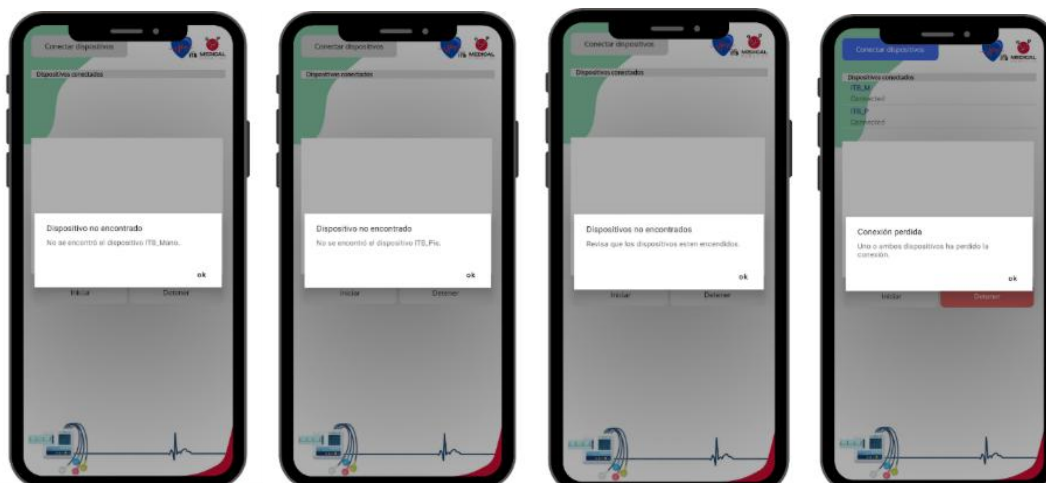
## 2.4. Registrar datos de los pacientes

Para iniciar la toma de datos del paciente, es necesario conectar el dispositivo móvil por bluetooth a los dos aparatos de medición del ITB del pie y de la mano. En la Figura 9 se puede ver la interfaz de la aplicación cuando se le está midiendo el ITB al paciente, en la cual se muestran las tres señales correspondientes a la medición. Esta finaliza automáticamente después de un minuto, aunque pulsando el botón rojo se puede detener la medición en cualquier momento.



**Figura 9:** Interfaz con las señales de la medición del paciente. En la imagen izquierda, se muestra una cuenta atrás de tres segundos antes de empezar la medición; en la imagen de la derecha, se muestran las tres señales que se obtienen durante la toma del ITB del paciente.

Además, en caso de que alguno de los dispositivos de medición no esté conectado correctamente al dispositivo móvil, se mostrará un cartel de advertencia en la interfaz de la aplicación tal y como se puede ver en la Figura 10.



**Figura 10:** Interfaz de la aplicación que indica que ha habido algún problema durante la conexión. En la primera pantalla, cuando el dispositivo de la mano no está conectado; en la segunda pantalla, cuando el dispositivo del pie no está conectado; en la tercera, ninguno de los dos dispositivos está bien conectado; en la última pantalla, se ha perdido la conexión durante la toma.