



<b>EXPEDIENTE</b>	IMDEEA/2018/66
<b>ACRÓNIMO</b>	MORFOCLOUD
<b>PROGRAMA</b>	Proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas
<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	OBTENCIÓN DE LA TALLA DEL PIE Y SU ADECUACIÓN AL SISTEMA DE TALLAJE PROPIO DE LAS EMPRESAS DE CALZADO UTILIZANDO TÉCNICAS DE CLOUD-COMPUTING Y USO DE DISPOSITIVOS MÓVILES

## **Entregable E2.1**

### **INFORME DE ESPECIFICACIÓN DE LA ARQUITECTURA DESARROLLADA**

## ÍNDICE

1. Descripción del entregable .....	3
2. Definición arquitectura/back-end .....	4
2.1. Definición general de arquitectura .....	4
2.2. Casos de uso y diagramas de flujo del sistema .....	8
2.3. Gestor de administración del sistema .....	13
2.4. Definición de API de Servicios Web .....	15
2.5. Procedimiento para relacionar horma-pie .....	27
2.6. Obtención de tallas en sistemas internacionales de acuerdo a la norma ISO. ....	35
3. Definición de <i>front-end</i> de arquitectura .....	36
3.1. Navegación entre actividades y comunicación con el servidor .....	36
3.2. AC0: Bienvenida .....	38
3.3. AC1: Acceso al sistema .....	39
3.4. AC2: Registro de usuarios .....	40
3.5. AC3: Menú principal de la aplicación .....	41
3.6 AC4: Subsistema de toma de fotografías y cálculo de medidas .....	42
3.7 AC5: Listado de clientes .....	47
3.8 AC6: Medidas registradas .....	48
3.9 AC7: Pantalla de visualización de modelos/tallas .....	50
3.10 AC8: Pantalla de configuración de la aplicación .....	51
3.11 AC9: Tutorial .....	52
3.12 Especificación de cliente REST .....	53
4. Procedimientos de medición de pies .....	54
4.1 Procedimiento manual .....	54
4.2 Procedimiento automático mediante Deep Learning .....	60
Anexos .....	64
a) Tabla de longitud total / largo de arco y primer metatarso .....	64
b) Tabla de relación entre ancho y perímetro metatarsal .....	66

## 1. Descripción del entregable

Este entregable recopila los resultados del trabajo que se engloba dentro del paquete de trabajo PT2 del proyecto *MORFOCLOUD*, a través del cual se ha establecido una definición de la arquitectura *cloud* de obtención de tallas, de los distintos componentes que lo integran y cómo interactúan entre ellos. En la primera parte del entregable se especifica el *back-end*, o lógica de negocio, la cual consiste en la componente de la arquitectura *cloud* que se encarga de almacenar, procesar y modificar la información para obtener una serie de tallas válidas del pie, a partir de la información biométrica del usuario y la relación entre tallas, hormas y medidas que proporciona el fabricante.

En este apartado se caracteriza la información a registrar, se define la el flujo de trabajo a seguir por el fabricante para integrar esta información en el sistema, y se especifica una metodología para buscar la talla más adecuada en base a unas determinadas medidas. Además, se define el protocolo de comunicación con el *front-end*, es decir, las interfaces para gestionar el flujo de información entre componentes y cómo estructurarla de la manera más conveniente. Por último, se dan detalles de los procedimientos para relacionar medidas del pie con información de la horma que serán evaluados en posteriores entregables.

En el segundo apartado del entregable, se define la componente *front-end* de la arquitectura, es decir, la aplicación móvil a través de la cual el usuario puede efectuar mediciones e interactuar con el *back-end*.

En el último apartado del entregable se detallan dos procedimientos de medición de pies mediante dispositivos móviles. El primero de ellos basado en la configuración manual de marcadores en la imagen, y el segundo, totalmente automatizado utilizando redes neuronales.

## 2. Definición arquitectura/back-end

### 2.1. Definición general de arquitectura

La arquitectura planteada se corresponde con un sistema distribuido, el cual está formado por varios componentes que interactúan entre sí a través de un protocolo de comunicación, y cuya información viaja de manera segura a través de diferentes mecanismos de autenticación de usuarios. El esquema de funcionamiento general de la arquitectura se puede apreciar en el siguiente esquema:

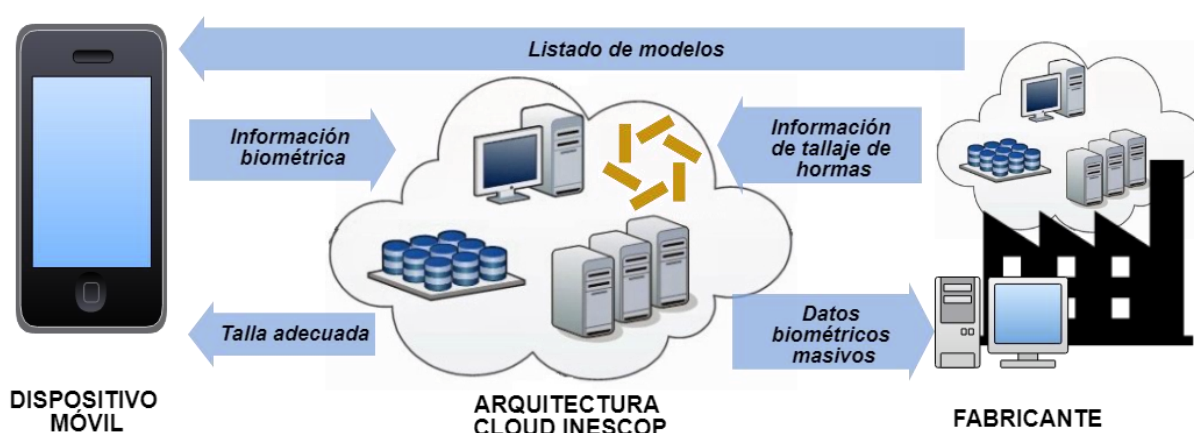


Figura 1: Esquema general de comunicación de la arquitectura.

Los componentes que se observan en la figura y que tienen un rol fundamental en el sistema son:

- **Dispositivo móvil:** Punto de acceso de los usuarios a la arquitectura. A través de él, éstos son capaces de loguearse en el sistema, calcular las medidas de su pie, acceder a mediciones anteriores registradas y, en última instancia, obtener la recomendación de la talla adecuada en los modelos que desee.
- **Back-end INESCOP:** Parte centralizada del sistema que se aloja en un servidor web, y se encarga de almacenar y procesar información; y proporcionar el protocolo de comunicación con los distintos clientes que tienen acceso a él.
- **Fabricante.** Por un lado, el fabricante tiene acceso a la arquitectura a través de un *front-end* web de administrador, mediante el cual puede configurar el sistema y almacenar la información de sus tallas. Por otra parte, desde la aplicación móvil se accede al *ERP* del fabricante para obtener la información de sus modelos, para lo cual se ha definido un estándar (apartado 2.4) que ha de ser implementado en dicho *ERP*, y del cual hace uso desde el *front-end* de aplicación móvil.

La comunicación a rasgos generales, se resume en el siguiente cuadro:

Emisor	Receptor	Información
Front-End Móvil	Back-end Inescop	Medidas del pie del usuario
Front-End Administrador	Back-end Inescop	Configuración del sistema e información de las hormas y las tallas del fabricante
ERP fabricante	Front-End móvil	Listado de modelos disponibles en la plataforma de E-commerce del fabricante
Back-end Inescop	Front-End Móvil	Información de las hormas del sistema, la cual sirve para obtener la talla adecuada de los modelos de la plataforma E-Commerce
Back-end Inescop	Front-End Administrador	Registro global de medidas de los usuarios para ser analizadas.

El esquema lógico por capas refleja la disposición funcional de la arquitectura, mostrando los roles que tiene cada componente:

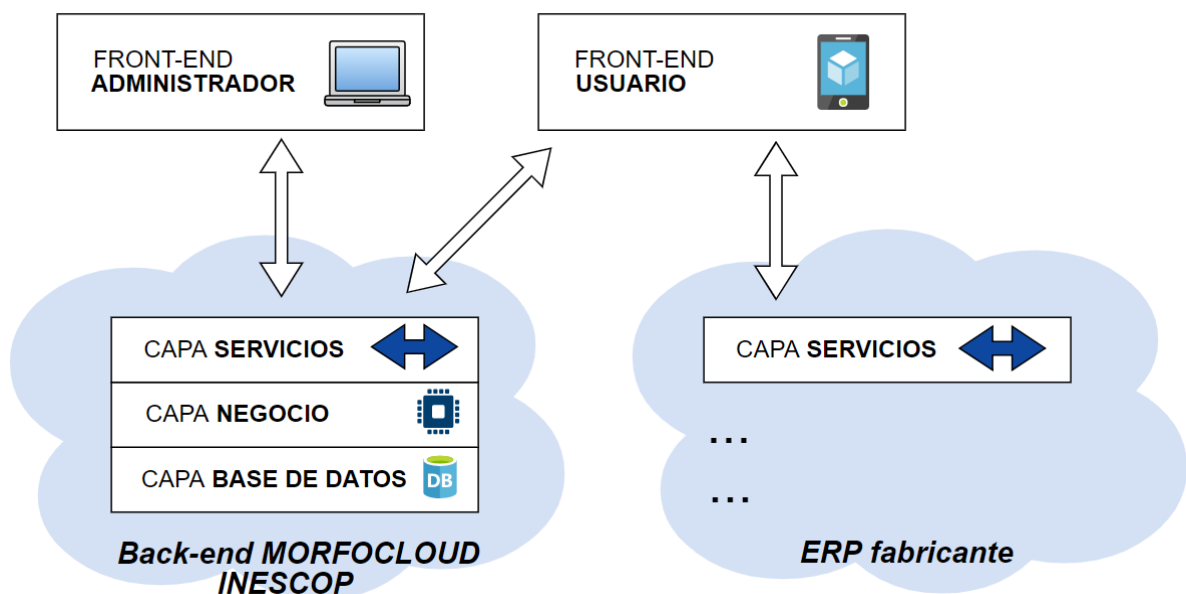


Figura 2: Esquema lógico por capas del sistema.

El *back-end* de MORFOCLOUD consta de capa de *base de datos*, que es la encargada de almacenar la información; la *capa de negocio*, que es la que almacena la lógica de la aplicación y se encarga de procesar la información; y la *capa de servicios*, que es la que se encarga de implementar el protocolo de comunicación y los mecanismos de autenticación de usuarios. Los *front-end* de administrador y usuario suponen la capa de acceso al sistema, y se comunican con el back end a través de *su capa de servicios*. Finalmente, en el ERP del fabricante, la única capa relevante de cara al proyecto es la capa de servicios, en la cual el propio fabricante deberá implementar el estándar de comunicación que se refleja en el apartado 2.4 de este entregable.

El siguiente diagrama representa las distintas clases de datos que se almacenan y utilizan en la arquitectura, dónde se encuentran y cómo se relacionan entre sí.

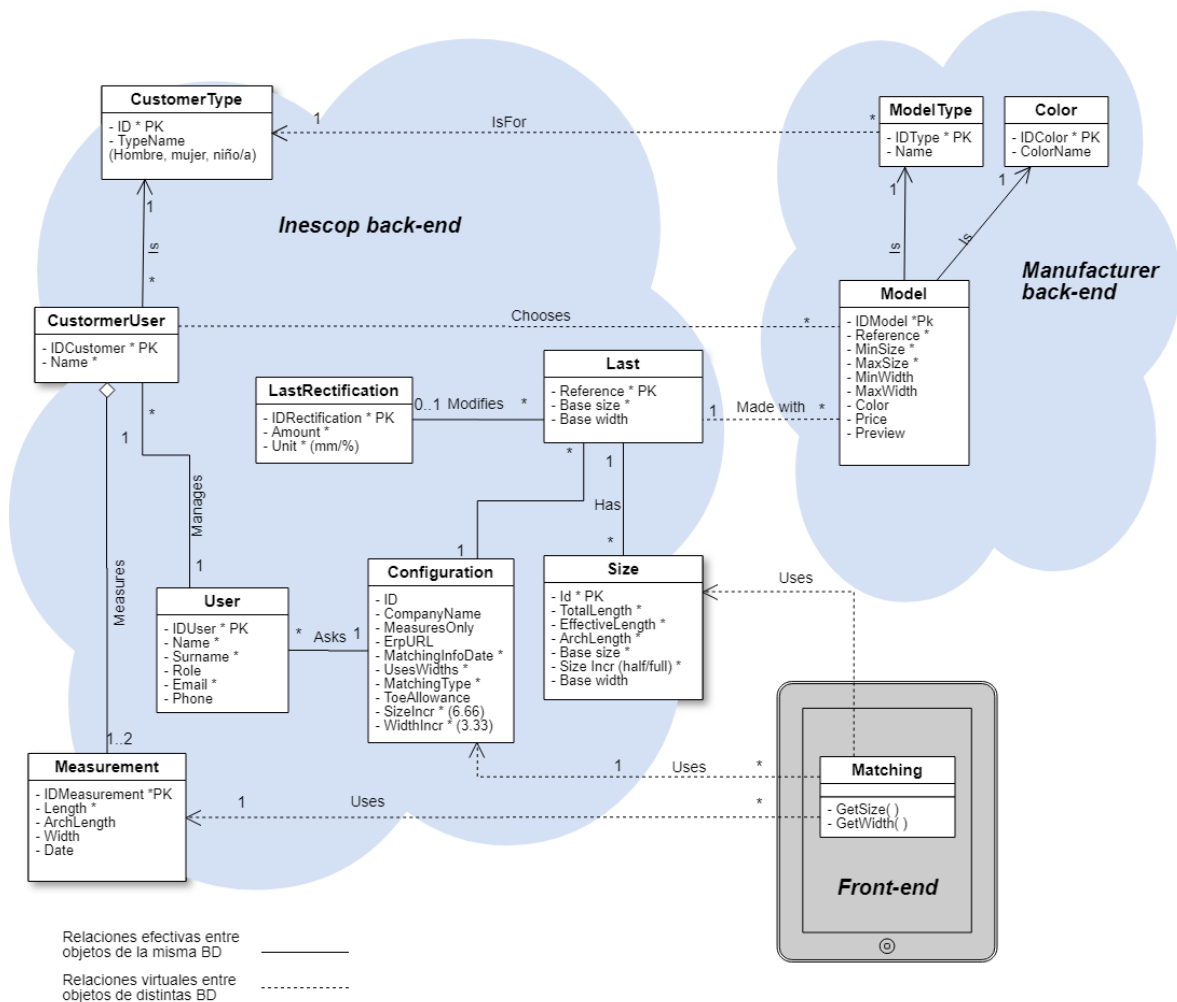


Figura 3: Diagrama UML de representación de datos de la arquitectura.

La información reflejada en el diagrama es la siguiente:

- **Configuration:** Almacena diversos datos que caracterizan la configuración del sistema, como por ejemplo el método que se va a utilizar para relacionar horma y pie de entre todos los que se han definido (ver apartado 2.5).
- **Last:** Cada una de las hormas registradas en el sistema.
- **LastRectification:** Modificación a aplicar sobre las medidas de una horma específica, que afectará a la búsqueda de la talla.
- **Size:** Medidas características de cada una de las tallas de cada horma.
- **User:** Cada uno de los usuarios registrados en el sistema, junto con sus credenciales de acceso. Existirá un usuario con privilegios de administrador, el cual podrá establecer la configuración y el listado de hormas del sistema.
- **CustomerUser:** Cliente para el cual se van a adquirir los zapatos, es decir, persona para la cual se almacenan las medidas del pie. Un usuario puede registrar las medidas de varios clientes.
- **CustomerType:** Tipo de cliente, el cual puede ser hombre, mujer o niño/a.
- **Measurement:** Medidas obtenidas de cada uno de los pies del cliente.

Información del *back-end*, *ERP del fabricante*:

El *ERP* del fabricante, y cómo almacene éste su propia información, es un factor que queda fuera del ámbito del proyecto. Sin embargo, el esquema que aquí se proporciona refleja el formato en el que se transmitirá esta información a través del estándar de comunicación definido.

- **ModelType:** Lista de modelos registrados en el sistema, diferenciados por el tipo de cliente al que van dirigidos (caballero, señora o niño/a).
- **Color:** Lista de colores principales de modelo que considera el sistema, adecuado para efectuar filtrados y búsquedas.
- **Model:** Información de cada uno de los modelos del *ERP* del fabricante.

## 2.2. Casos de uso y diagramas de flujo del sistema

En este apartado se representa los principales casos de uso del sistema, a través de los cuales es posible visualizar sus distintos requerimientos funcionales. En el siguiente diagrama se observan los dos actores principales que entran en juego en el sistema, y cuyos roles son el de *usuario* que toma sus medidas del pie y busca obtener recomendaciones de tallas para los modelos del fabricante, y un *administrador*, el cual se encarga de establecer una configuración de funcionamiento, de cargar y mantener la información de las hormas registradas en el sistema, finalmente tiene acceso a un registro histórico de mediciones realizadas por los usuarios. El diagrama de casos de uso es el que se muestra a continuación:

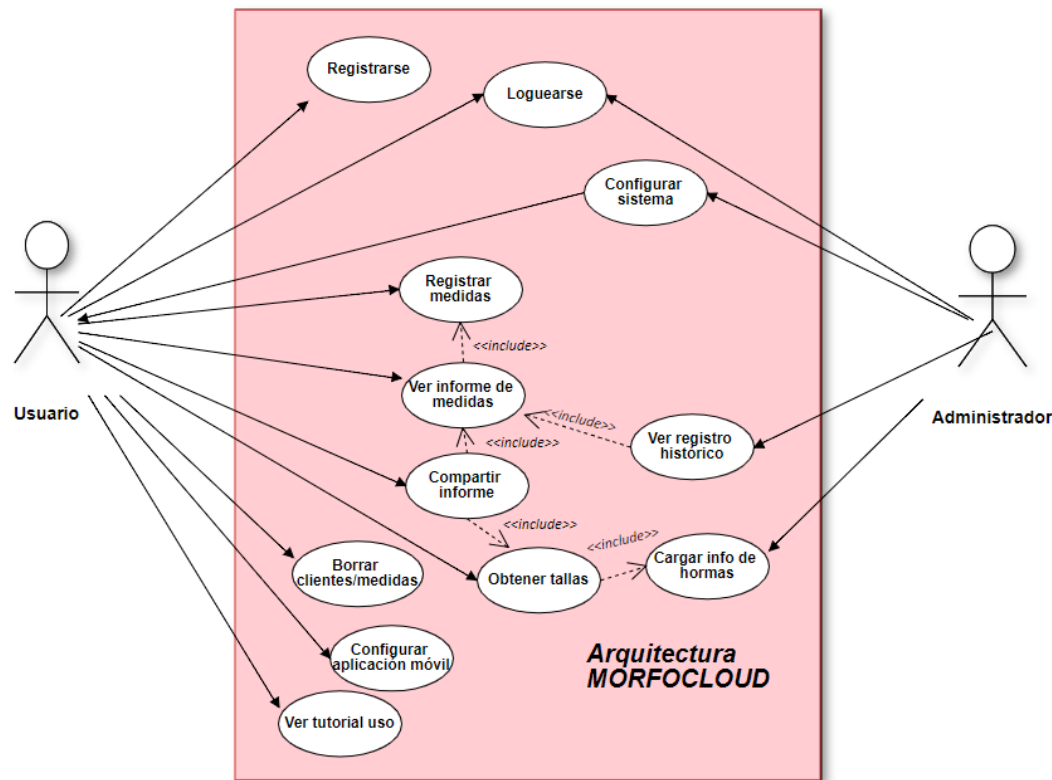


Figura 4: Diagrama de casos de uso.

A continuación se detallan los diagramas de flujo de las principales operaciones que se realizan y cómo a través de ellas se intercambia información entre los diferentes agentes del sistema. De estos diagramas se han excluido las operaciones que se realizan en el *front-end* de usuario (aplicación móvil) y no implican intercambiar información con el *back-end*, ya que la estructura y funcionalidad de esta componente se especifica en detalle en el bloque 3 del presente documento. En base a los requisitos establecidos a través de esta especificación funcional se ha diseñado el protocolo de comunicación mediante servicios web que se presenta en el apartado 2.4.



### 2.2.1 DF1 Acceso usuario

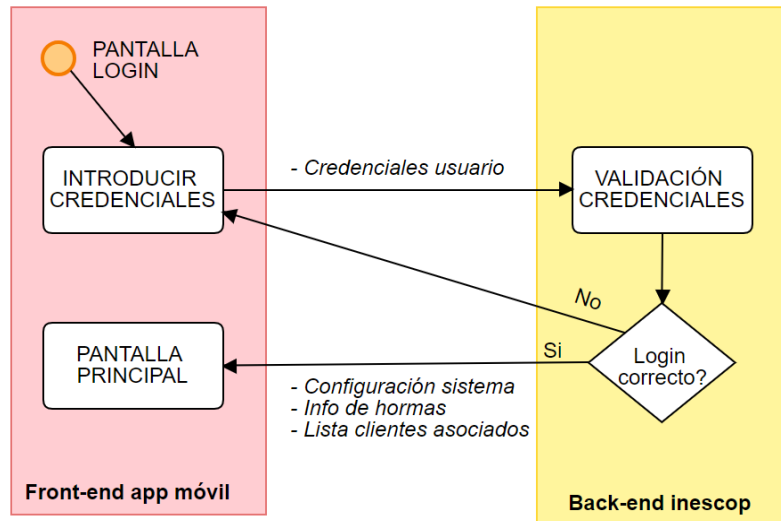


Figura 5: Diagrama de flujo DF1.

Para la operación de acceso o login del usuario se comienza en una pantalla inicial en la que se piden las credenciales del usuario. Una vez se introducen se envían al servidor, el cual las valida, devolviendo la configuración del sistema, la información de hormas, y la lista de clientes asociados al usuario. La aplicación móvil pasa a la pantalla principal de la aplicación.

### 2.2.2 DF2 Registro usuario

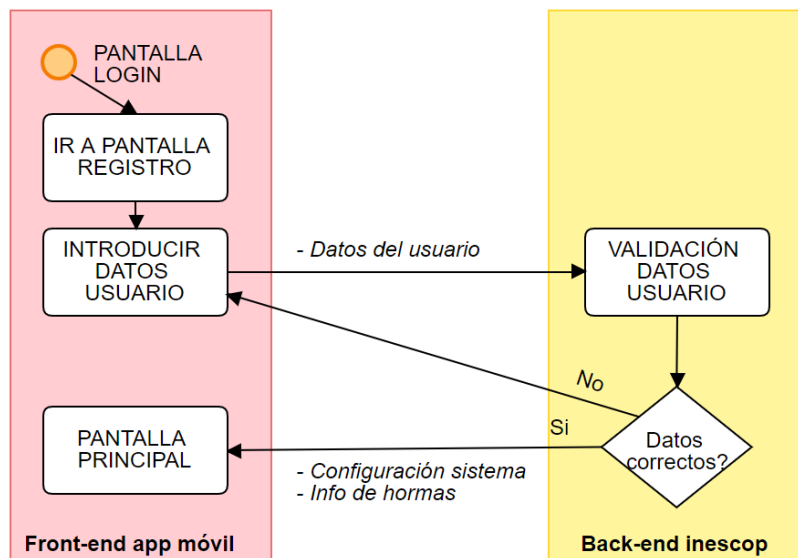


Figura 6: Diagrama de flujo DF2.

En esta operación se comienza en la pantalla de login, pero el usuario selecciona la opción de registrar nuevo usuario. Se introducen los datos de entrada, se envían al servidor y si son válidos, se opera de manera análoga a efectuar un login correcto.

### 2.2.3 DF3 Registrar medidas

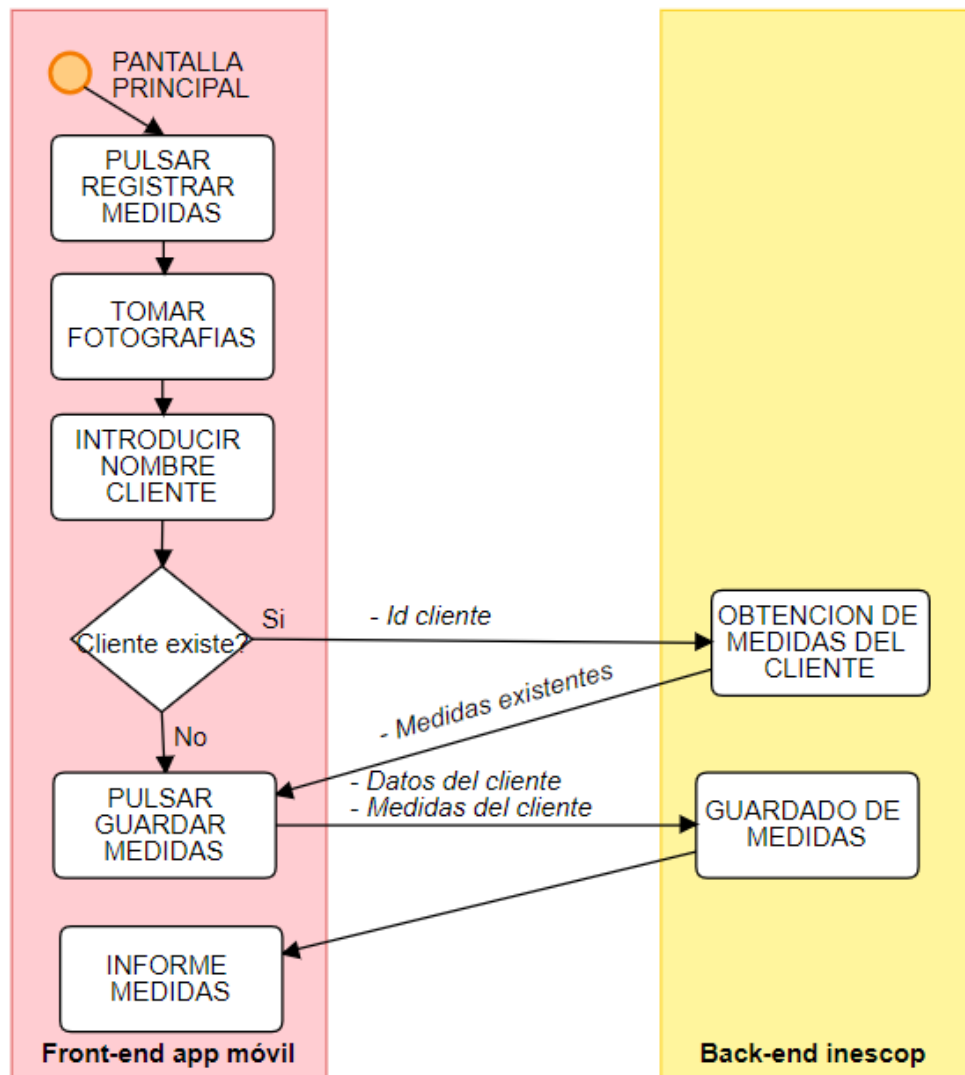


Figura 7: Diagrama de flujo DF3.

La operación de registrar medidas comienza en la pantalla principal. El usuario pulsa la opción correspondiente, lleva a cabo el proceso de tomar las fotografías y una vez estén listas, introduce el nombre del cliente. Si éste existe, se descarga automáticamente el registro de medidas anteriores y se muestra en pantalla. Si no, se ha de introducir el tipo de cliente. Una vez se selecciona la opción de guardar medidas, se envían al servidor y se muestra el informe de las medidas guardadas para ese cliente.

### 2.2.4 DF4 Ver informe

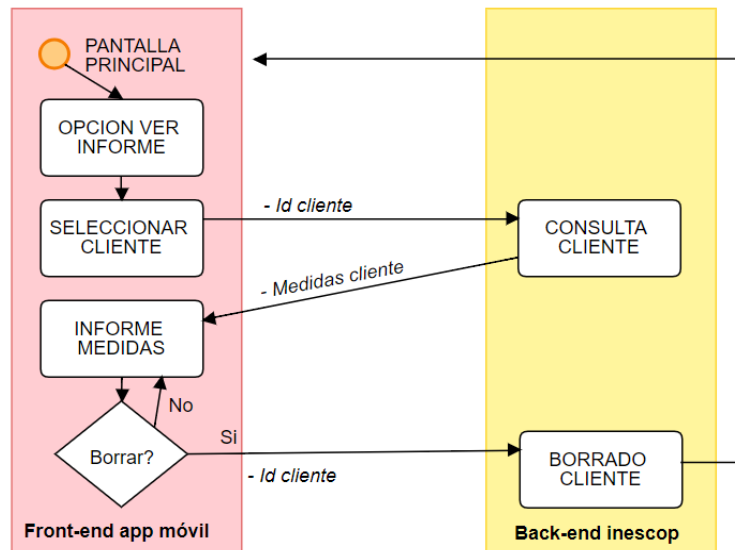


Figura 8: Diagrama de flujo DF8.

En esta operación se accede a un informe de medidas que ha sido guardado previamente. Para ello, el usuario, desde la pantalla principal, debe pulsar la opción de seleccionar cliente. En el servidor se buscan sus medidas, se devuelven y se muestran en pantalla. Opcionalmente, se puede borrar el cliente completo y/o alguna de sus medidas. Para ello, se comunica al servidor el dato que se quiere borrar.

### 2.2.5 DF5 Obtener informe de tallas

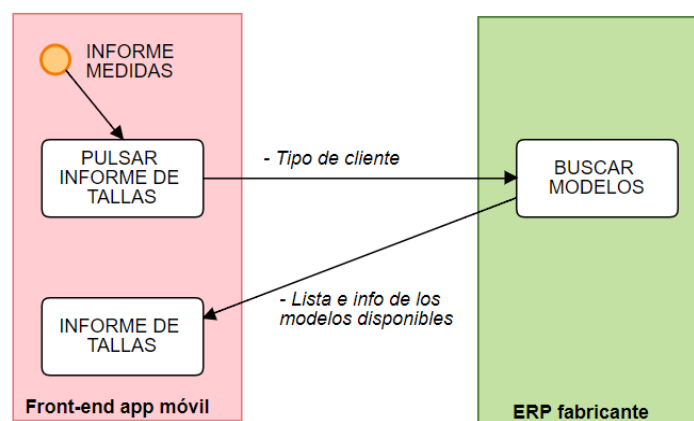


Figura 9: Diagrama de flujo DF9.

Esta operación implica comunicación entre la aplicación móvil y el ERP del fabricante. Al solicitar el informe de tallas, se obtiene el listado y la información de los modelos de dicho ERP. En base a la lista de modelos, a las medidas del usuario y a la información

de las hormas (la cual fue descargada al acceder al sistema, DF1/DF2), se calculan las tallas adecuadas.

### 2.2.6 DF6 Administración del sistema

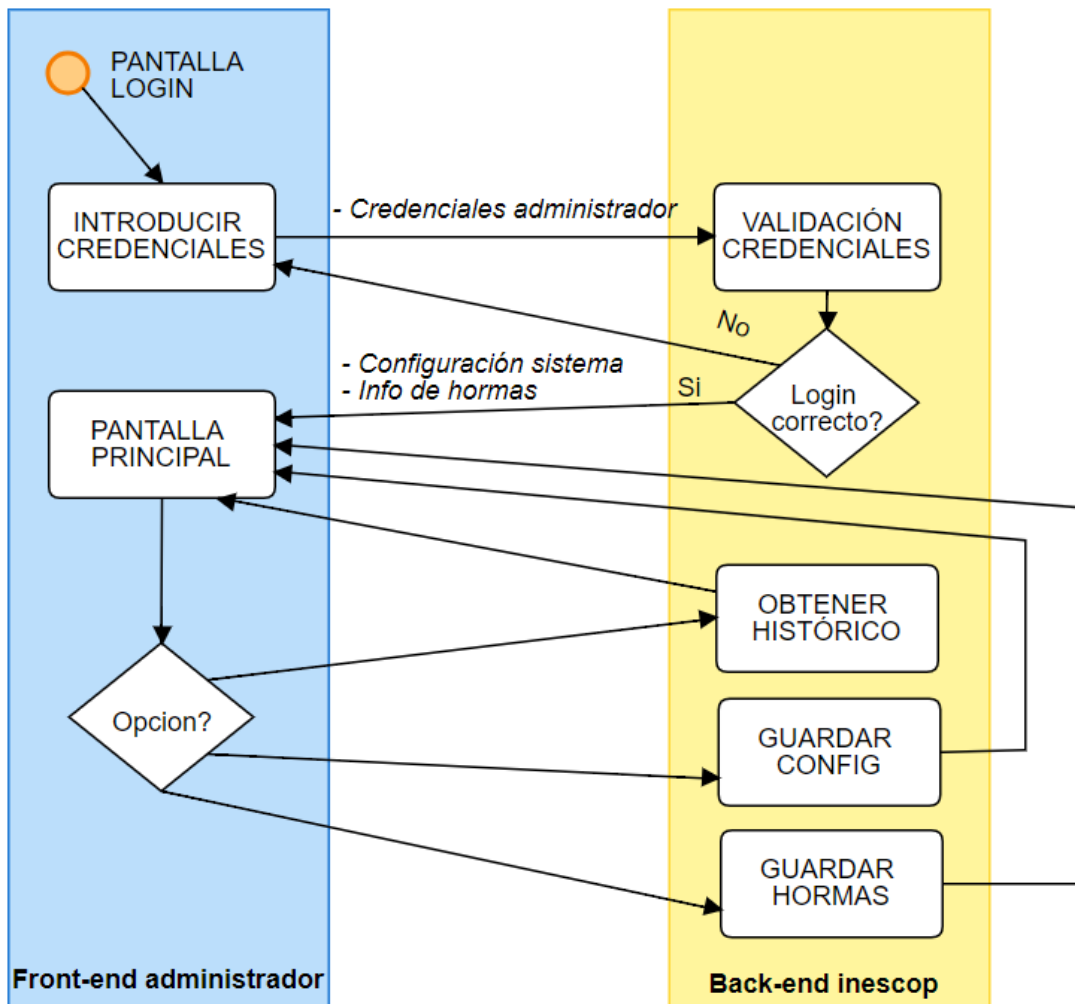


Figura 10: Diagrama de flujo DF6.

En este último diagrama se han englobado todas las operaciones que se relacionan con la configuración del sistema. Desde el *front-end*, el cual será una página web tal y como se explicará en el apartado 2.3, se introducen las credenciales de administrador. El sistema debe denegar el acceso a los usuarios corrientes que no cuenten con este rol. Si se autoriza el login, se descargará la configuración del sistema y la información de hormas, y se mostrará en pantalla en formato texto JSON. Una vez logueado, el administrador podrá descargar un fichero con el registro histórico de medidas, o modificar la configuración y listado y medidas de hormas que se muestran en pantalla y actualizarla en el servidor.

### 2.3. Gestor de administración del sistema

En este apartado se describe el *front-end* que se ha definido para que el administrador pueda llevar a cabo la configuración del sistema y tenga acceso al histórico de medidas que los usuarios han ido registrando. A nivel lógico, se ha considerado esta definición como parte de la tarea de especificación de *back-end*, ya que a través de este gestor se modifica la información que constituye el núcleo de la arquitectura, considerándose una parte auxiliar y a la vez imprescindible para que el usuario pueda visualizar en su *front-end* de aplicación móvil la talla adecuada.

De cara a la implementación, el planteamiento realizado se ha basado en una interfaz a través de página web, la cual aporta un mayor nivel de flexibilidad e independencia del sistema que el de una aplicación de escritorio.

#### 2.3.1 Acceso al sistema

En esta pantalla se muestran los campos para que el administrador introduzca sus credenciales para acceder al sistema.



Figura 11: Pantalla de acceso al sistema.

*Interfaz de usuario*

Nº	Nombre	Descripción
1	Administrador	Campo para rellenar con el id del administrador
2	Contraseña	Campo para rellenar la contraseña del administrador
3	Recordar contraseña	Check que permite al navegador recordar las credenciales
4	Entrar	Botón de entrada al sistema

### 2.3.2 Acceso al sistema

Pantalla de administrador, a través de la cual es posible visualizar y actualizar la configuración del sistema e información de hormas, y obtener el registro histórico de medidas de los usuarios.



Figura 12: Página web de administrador.

#### Interfaz de usuario

Nº	Nombre	Descripción
1	Descargar medidas	Botón que descarga un fichero con el registro histórico de las medidas de los usuarios.
2	Cerrar sesión	Cierra la página de administrador y vuelve a la de login.
3	Configuración	Caja de texto que contiene la configuración del sistema en formato JSON.
4	Guardar configuración	Guarda la configuración establecida en la caja de texto 3.
5	Listado hormas	Caja de texto que contiene la información de las hormas y sus tallas en formato JSON.
6	Sobreescribir	Sobreescribe el listado de hormas, eliminando las existentes que no figuren en el nuevo listado
7	Actualizar	Actualiza el listado de hormas, manteniendo las existentes que no figuren en el nuevo listado

## 2.4. Definición de API de Servicios Web

En este apartado se especifican los servicios web del API RESTful (web services basados en los métodos de intercambio de información proporcionados por el protocolo HTTP) que se han implementado para conectar los distintos *front-end* con la arquitectura. El lenguaje de intercambio de datos de tipo texto que se utilizará para implementar estos servicios es el JSON. Cada una de las tablas refleja la definición de un servicio diferente, diseñado para responder a una determinada funcionalidad de intercambio de datos. La información que refleja cada tabla es la siguiente:

**Título:** Código del servicio (prefijo *WSI\_*: servicio web del *back-end* de INESCOP; prefijo *WSM\_*: servicio web que se debe implementar en el *ERP* del fabricante) y nombre del servicio.

**URI:** Ruta al servicio.

**Método:** Método *HTTP* (*GET*, *POST*, *PUT*, *PATCH*, *DELETE*, etc.) que utiliza el servicio.

**Autenticación:** Mecanismo de autenticación requerido por el servicio. En esta implementación de API se han considerado tres mecanismos: Sin autenticación, autenticación *básica* (usuario y contraseña), y *OAuth2* (mediante *JWT*). Ver apartado 2.4.3 para más información.

**Rol requerido:** Rol que se requiere que posea el usuario autenticado. Existen tres posibilidades: sin registro, registrado como *usuario*, y registrado como *administrador*.

**Respuesta Ok:** Código http que devuelve el servicio en caso de que se haya ejecutado satisfactoriamente.

**Respuesta Error:** Código *HTTP* que indica la causa del error ocurrido en el servidor. Las causas más habituales de error es utilizar unas credenciales inválidas o caducadas (401), utilizar un formato de petición incorrecto (400), intentar acceder a un recurso para el que no se tiene permiso (403) o que no existe (404).

**Descripción:** Descripción de la funcionalidad del servicio web.

**Content-type:** Tipo de contenido del cuerpo, por un lado de la petición *HTTP*, y por otro de la respuesta. En este *API* se han utilizado dos tipos de contenido: *application/json* para texto, e *image/jpg* para imágenes.

En cuanto a los mecanismos de autenticación utilizados, éstos se dividen en dos tipos: autenticación *básica* y autenticación *OAuth2*. Sus características son las siguientes:

**Básica:** Mediante este mecanismo se envían codificados en la cabecera *HTTP* el nombre de usuario y contraseña específicos con los que el usuario se ha registrado en el sistema.

**OAuth2:** Método planteado para que aplicaciones externas puedan acceder a servicios web sin que sea necesario enviar cada vez las credenciales de acceso (usuario y

contraseña). Este procedimiento se basa en una cadena o *token*, que ha sido generada en el servidor y se envía al usuario. Éste debe utilizar dicho *token* de acceso en los servicios protegidos mediante *OAuth2*, en el cual se almacenan de forma intrínseca los privilegios del usuario y el tiempo de validez. Una vez el *token* ha caducado, el usuario debe renovarlo. El mecanismo de generación de estas cadenas se basa en el estándar *JSON Web Token*. Mediante este estándar, el contenido del *token* se encripta utilizando una clave privada que ha sido generada y almacenada en el servidor.

La metodología de autenticación utilizada consiste en hacer uso del mecanismo básico únicamente para validar el primer acceso del usuario a la arquitectura. Mediante este servicio se genera el *token* de acceso *OAuth2* y se envía al usuario. Para el resto de servicios que requieren autenticación, el usuario debe utilizar el *token*. De esta manera se consigue que el usuario y contraseña sólo viajen una única vez en la cabecera *HTTP*, lo que mejora la seguridad del sistema.

Esta definición de API se divide en dos partes fundamentales dependiendo del *back-end* al que apuntan: En un primer apartado se encuentran los que apuntan a la arquitectura *cloud* de INESCOP que ha sido desarrollada para el proyecto; mientras que en un segundo apartado se localizan los servicios web que deben ser implementados en el *ERP* del fabricante para poder acceder a la información que el *front-end* de la aplicación móvil necesita para mostrar el listado de modelos del fabricante y relacionarlos con las hormas registradas en el sistema.

#### 2.4.1. Definición de servicios web para *Back-end* de Inescop

El API de servicios web del *back-end* de INESCOP, se divide en cinco bloques atendiendo al tipo de funcionalidad al que deben responder, y son: *autenticación*, *usuario*, *configuración*, *cliente* y *hormas*.

##### a) Servicios de bloque **Autenticación**

Estos servicios web están orientados a la autenticación del usuario: se encargan de obtener y/o validar una cadena JWT (JSON Web Token), que será la que el cliente web deberá utilizar en todas las peticiones que requieran credenciales.

WSI_01 Obtener token			
<b>URI:</b>	/api/token	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	Básica	<b>Rol requerido:</b>	<i>Usuario</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas.
<b>Descripción:</b>	A partir de la contraseña registrada por el usuario, proporcionará el token para acceder al resto de recursos.		
<b>Content-type entrada:</b>	application/json	<b>Content-type salida:</b>	application/json
{ "configuration": "idFabricante" }		{ "token": "cadena_del_token" }	



WSI_02 Comprobar token			
<b>URI:</b>	/api/token	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	<i>Usuario</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401-Credenciales inválidas/Token expirado.
<b>Descripción:</b>	Comprueba la validez y expiración del token guardado para el usuario.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json (vacía)		<b>Content-type salida:</b> application/json (vacía)	

b) *Servicios de bloque **Usuario***

Este bloque de servicios está destinado a dar respuesta a la funcionalidad de gestión de usuario del sistema: registro y consulta de datos.

WSI_03 Registrar usuario			
<b>URI:</b>	/api/user	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	No	<b>Rol requerido:</b>	<i>Ninguno</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	400 – Bad request
<b>Descripción:</b>	Registra un usuario, almacenando en la bd su información.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
<pre>{   "username": "nombre_usuario",   "email": "email_usuario",   "name": "Nombre",   "configuración": "id_configuración",   "surname": "Apellido1 Apellido2",   "phone": "62582219",   "address": "Calle dirección",   "plainPassword": {     "first": "clave_usuario",     "second": "clave_usuario"   } }</pre>		<pre>{   "token": "cadena_del_token" }</pre>	

WSI_04 Obtener usuario			
<b>URI:</b>	/api/user	<b>Método:</b>	Get
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	<i>Usuario</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas/Token expirado.
<b>Descripción:</b>	Obtiene la información de un usuario registrado		
<b>Content-type entrada:</b> application/json (vacía)		<b>Content-type salida:</b> application/json	
		<pre>{   "username": "nombre_usuario",   "email": "email_usuario",   "name": "Nombre",   "configuration": "id_configuración", }</pre>	

	<pre> “surname”: “Apellido1 Apellido2”, “phone”: “62582219”, “address”: “Calle dirección”, } </pre>
--	---

### c) Servicios de bloque **Configuración**

Los servicios de este bloque están relacionados con la configuración del sistema, y permiten leerla (para lo cual se necesitan privilegios de usuario), y modificarla (para lo cual se necesita estar registrado como administrador).

WSI_05 Obtener configuración			
<b>URI:</b>	/api/config	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas/Token expirado.
<b>Descripción:</b>	Obtiene la configuración de la aplicación del fabricante		
<b>Content-type entrada:</b>	application/json	<b>Content-type salida:</b>	application/json
(vacía)		<pre> {   "id": "IDFabricante",   "enableMatching": true,   "useWidth": false,   "lastInfoDate": "2018-05-28 18:02:39",   "allowanceType": "%",   "allowance": 4   "erpUrl": "erp.fabricante.com" } </pre>	

WSI_06 Guardar configuración			
<b>URI:</b>	/api/config	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Administrador
<b>Respuesta OK</b>	200 – OK	<b>Respuesta Error:</b>	400 – Bad request, 401 - Credenciales inválidas/Token expirado/No autorizado.
<b>Descripción:</b>	Guarda o actualiza la configuración de la aplicación.		
<b>Content-type entrada:</b>	application/json	<b>Content-type salida:</b>	application/json
<pre> {   "id": "idFabricante",   "enableMatching": true,   "useWidth": false,   "allowanceType": "%",   "allowance": 4   "erpUrl": " erp.fabricante.com } </pre>		(vacía)	

#### d) Servicios de bloque **Cliente**

En este bloque se gestiona la parte del API relacionada con el *cliente* y las mediciones de sus pies. Tal y como se ha explicado de forma previa, se entiende cliente como el sujeto que desea comprar el par de zapatos y efectúa las medidas de sus pies. Desde una cuenta de *usuario* se puede efectuar y registrar mediciones a todos los *clientes* que se desee.

WSI_07 Obtener un cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	<i>Usuario</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas/Token expirado 404 – No encontrado
<b>Descripción:</b>	Devuelve los datos del customer con el nombre introducido		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
<pre>{   "name": "nombre_usuario", }</pre>		<pre>{   "id": 111   "name": "Pepe Martinez",   "type": 0,   "date": "2018-05-28 12:56:13",   "left": false,   "right": false, }</pre>	

WSI_08a Obtener lista de clientes para un usuario			
<b>URI:</b>	/api/customers	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	<i>Usuario</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas/Token expirado/No autorizado
<b>Descripción:</b>	Devuelve la lista completa de clientes asociada al usuario que la solicita.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)		<pre>{   "customer": [{     "id": 13135,     "name": "Pepe Martinez",     "type": 0,     "date": "22/05/2018"     "left": 0,     "right": 1   }, ... ] }</pre>	

WSI_08b Obtener histórico de medidas para el administrador			
<b>URI:</b>	/api/allmeasures	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Administrador
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas/Token expirado
<b>Descripción:</b>	Devuelve el registro completo de medidas de clientes, obviando nombre de cliente y usuario asociado		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)	<pre>[{   "id": 63,   "type": 1,   "date": "2018-10-11 13:56:20",   "left":{     "id": 91,     "date": "2018-10-11 13:56:20",     "length": "239.07",     "arch": null,     "width": "87.49"   },   "right":{...} }, {...}]</pre>		

WSI_09 Dar de alta un nuevo cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers/new	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	201 - Creado	<b>Respuesta Error:</b>	400 – Bad request, 401 - Credenciales inválidas/Token expirado
<b>Descripción:</b>	Crea un nuevo cliente a partir de los datos de entrada.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
<pre>{   "name": "Pepe Martinez",   "type": 0, }</pre>		<pre>{   "id": 13135 }</pre>	

WSI_10 Borrar cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers/{idCustomer}/ erase	<b>Método:</b>	DELETE
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	204 – Sin contenido	<b>Respuesta Error:</b>	401 - Credenciales inválidas/Token expirado 403 - Recurso prohibido.
<b>Descripción:</b>	Borra el cliente con id {idCustomer}		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)		(vacía)	

WSI_11 Obtener medidas de cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers/{idcustomer}/measures	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401-Credenciales inválidas/Token expirado. 404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Obtiene las medidas de los pies que se hayan registrado para el cliente {idcustomer}.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)		<pre>{   "left":{     "length":246.42,     "arch":165.10,     "width":98.57     "date":"22/05/2018"   },   "right":{     "length":246.42,     "arch":165.10,     "width":98.57     "date":"22/05/2018"   } }</pre>	

WSI_12 Cambiar tipo de cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers/{idcustomer}/change	<b>Método:</b>	PATCH
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401-Credenciales inválidas/Token expirado. 404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Cambia tipo de usuario (0: hombre, 1: mujer, 2: niño/a).		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
{ "type":0 }		<pre>{   "customer":{     "id":13135,     "name":"Pepe Martinez",     "type":0,     "date": 22/05/2018     "left":0,     "right":1   } }</pre>	

WSI_13 Incorporar medida al cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers/{idcustomer}/measures	<b>Método:</b>	PATCH
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	400 – Bad request, 401-Credenciales inválidas/Token expirado. 404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Actualiza o inserta las medidas de su/s pie/s en el cliente {idcustomer}.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
<pre>{   "left":{     "length":246.42,     "arch":165.10,     "width":98.57   },   "right":{     "length":246.42,     "arch":165.10,     "width":98.57   } }</pre>		(vacía)	

WSI_13b Borrar medida del cliente			
<b>URI:</b>	/api/customers/{idCustomer}/erase/{indexfoot}	<b>Método:</b>	DELETE
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Usuario
<b>Respuesta OK</b>	204 – Sin contenido	<b>Respuesta Error:</b>	401-Credenciales inválidas/Token expirado, 403 - Recurso prohibido.
<b>Descripción:</b>	Borra las medidas del pie izquierdo o derecho del usuario {idCustomer} dependiendo del índice que se introduzca (0 o 1).		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)		(vacía)	

e) *Servicios de bloque Hormas*

El bloque de *hormas* engloba los servicios necesarios para consultar y actualizar la información de tallas, medidas y rectificaciones aplicadas sobre las hormas del sistema. Se requiere del rol de *administrador* para modificar esta información, y del rol de *cliente* para consultarla.

WSI_14 Descargar info hormas			
<b>URI:</b>	/api/config/last	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	<i>Usuario</i>
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	401-Credenciales inválidas/Token expirado,
<b>Descripción:</b>	Devuelve la información de las hormas (tallas-rectificaciones-medidas) introducidas en el sistema.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)	<pre> {   "last": [{     "ref": "AJ-198",     "size": [ {       "length": "37",       "width": "B",       "l1": "233",       "e11": "186",       "l11": "156",       "w1": "93",       "m1": "163"     }, {       "length": "38",       "width": "B",       "l1": "240",       "e11": "192",       "l11": "161",       "w1": "96",       "m1": "168"     }   ], ... ],   "rectification": {     "unit": "%",     "length": "2.00",     "width": "2.00"   }, ... ] } </pre>		

WSI_15a Cargar info hormas			
<b>URI:</b>	/api/config/last	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Administrador
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	400 – Bad request, 401 - Credenciales inválidas / Token expirado.
<b>Descripción:</b>	Carga la información de las hormas (tallas-medidas) en el sistema. Servicio planteado para subir esta información por primera vez. Las hormas ya registradas no incluidas en la petición, se eliminan.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
<pre>{   "last": [     {       "ref": "AJ-198",       "size": [         {           "length": "37",           "width": "B",           "l1": "233",           "e11": "186",           "la1": "156",           "wl": "93",           "ml": "163"         }       ]     }   ],   "rectification": {     "unit": "%",     "length": "2.00",     "width": "2.00"   } },...</pre>		(vacía)	

WSI_15b Cargar info hormas			
<b>URI:</b>	/api/getLastInfo	<b>Método:</b>	PUT
<b>Autenticación:</b>	OAuth2	<b>Rol requerido:</b>	Administrador
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	400 – Bad request, 401 - Credenciales inválidas / Token expirado.
<b>Descripción:</b>	Carga la información de las hormas (tallas-medidas) en el sistema. Servicio planteado para actualizar esta información. Las hormas ya registradas no incluidas en la petición, se mantienen.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
<pre>{   "last": [     {       "ref": "AJ-198",       "size": [         {           "length": "37",           "width": "B",           "l1": "233",           "e11": "186",           "la1": "156",</pre>		(vacía)	



<pre>                 "w1": "93",                 "m1": "163"             }         }, ...],         "rectification": {             "unit": "%",             "length": "2.00",             "width": "2.00"         }, ...]     } </pre>	
---	--

### 2.3.2. Definición de servicios web para *Back-end* de fabricante de calzado

El API de servicios web para el fabricante de calzado supone un estándar que debe implementarse en su infraestructura *ERP* de tal manera que el *front-end* de la aplicación móvil del usuario pueda tener acceso al listado de modelos que el fabricante oferta en su plataforma e-commerce, así como a sus características y a la horma asociada que contiene cada modelo.

WSM_1 Obtener lista de tipos de modelo			
<b>URI:</b>	/api/modelType/ {customerType}	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	Ninguna	<b>Rol requerido:</b>	Ninguno
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Devuelve lista plana de tipos de modelo filtrado por tipo de cliente (0 hombre, 1 mujer, 2 niño/a).		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)	<pre> {   "model_type": [ {     "id": 250,     "name": "Alpargatas"   }, {     "id": 254,     "name": "Bailarinas"   } ] } </pre>		

WSM_2 Obtener lista de colores de modelo			
<b>URI:</b>	/api/color	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	Ninguna	<b>Rol requerido:</b>	Ninguno
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Descripción: devuelve lista plana de colores de modelo filtrado por tipo de cliente (0 hombre, 1 mujer, 2 niño/a).		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)	<pre>{   "color": [     {       "id": 250,       "name": "rojo"     },     {       "id": 254,       "name": "azul"     }   ] }</pre>		

WSM_3 Obtener lista de modelos			
<b>URI:</b>	/api/model/{modelid}	<b>Método:</b>	POST
<b>Autenticación:</b>	Ninguna	<b>Rol requerido:</b>	Ninguno
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Obtiene el listado de modelos y sus datos filtrado por tipo de cliente (0 hombre, 1 mujer, 2 niño/a) Admite como filtros adicionales el precio min/max, el color, y el tipo de modelo.		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(filtros opcionales) { "min_price": "80" "max_price": "120" "color": "blue" "type": "salon" }	<pre>{   "model": [     {       "id": "model_id",       "ref": "nombre_modelo1",       "last_ref": "idlast",       "type": "tipo_modelo",       "price": 300,       "color": "color",       "min_size": "39.00",       "max_size": "46.00"     },     ...   ] }</pre>		

WSM_4 Obtener preview de modelo			
<b>URI:</b>	/api/model/{modelid}/image	<b>Método:</b>	GET
<b>Autenticación:</b>	Ninguna	<b>Rol requerido:</b>	Ninguno
<b>Respuesta OK</b>	200 - OK	<b>Respuesta Error:</b>	404 - No encontrado
<b>Descripción:</b>	Obtiene la imagen asociada al modelo con id {modelid}		
<b>Content-type entrada:</b> application/json		<b>Content-type salida:</b> application/json	
(vacía)	(Bitmap imagen)		

## 2.5. Procedimiento para relacionar horma-pie

Este apartado está dedicado a ilustrar el procedimiento que ha sido planteado para efectuar el cálculo de talla en función de la información de las medidas de las diferentes escalas de las hormas almacenada en el sistema y la información biométrica del usuario que es posible obtener a partir de la fotografía. Aunque según los casos de uso y diagramas de flujo de trabajo especificados en el sistema en el apartado 2.2 este cálculo se va a realizar finalmente en el dispositivo móvil en vez de en el servidor web ya que esta operación se ha considerado a efectos de especificación como parte del *back-end*, puesto que integra una parte significativa de la lógica de funcionamiento del sistema. Esta decisión se ha tomado para aligerar la carga de trabajo del servidor, y debido a que los dispositivos móviles actuales disponen de una potencia de cálculo suficiente como para realizar este tipo de búsquedas en un tiempo muy reducido.

Para establecer los procedimientos para relacionar horma y pie, se ha partido inicialmente del *feedback* obtenido a través de la colaboración con UNISA acerca de los procedimientos seguidos para marcar y validar las tallas de las hormas utilizadas en sus zapatos, la cual ha resultado fundamental para la realización del proyecto. La conclusión principal a la que se ha llegado consiste en que, de manera habitual, los fabricantes establecen la geometría de sus hormas base en función de sus modelos probadores, cuyos pies constituyen una referencia de calce. Cualquier horma nueva, o rectificación sobre las existentes, se realiza sobre la base de las medidas del probador, y se testea de manera empírica si la talla de la nueva horma es correcta en base a fabricar un prototipo de zapato a partir de ella y probarlo en el/la modelo, efectuando las correcciones pertinentes en caso de que el calce sea incorrecto. Una vez la horma se ha validado, ésta queda marcada con el 37 en el caso de que sea de señora, y 42 en el caso en el que se trate de caballero.

La medida de largo útil, o largo de dedos, según se ha expresado en el entregable E1.1 y tal y como se defiende desde las normativas de armonización internacionales, debe ser la medida de longitud que ha de utilizarse de referencia para relacionar longitud de la horma y longitud del pie. Sin embargo, obtener esta medida no resulta algo trivial, ya que implica establecer el punto porcentual sobre la longitud total de la horma a partir de la cual su geometría se corresponde exclusivamente con criterios estéticos o de moda, y cuyo espacio no es válido para alojar al pie. En el caso de la horma base, esta medida podría calcularse a partir de la longitud del pie del probador y añadiéndole el 5% extra de espacio de tolerancia de dedos. En el resto de tallas este valor debería variar en la proporción en la que se escala la horma. Sin embargo, debido a la disparidad de criterios de escalado que utilizan los fabricantes/modelistas de hormas, es posible que este valor se acabe desvirtuando. Como conclusión general, esto implica que resulte algo habitual que los fabricantes no conozcan de forma precisa el largo útil de cada una de sus hormas. De hecho, según la experiencia de INESCOP, una demanda común de los fabricantes es la búsqueda de ayuda con un criterio para establecer la medida del pie adecuada para cada una de las tallas de sus zapatos.

Debido a ello, además de establecer un criterio para relacionar pie y horma basado en el largo útil de la horma, medida cuyo cálculo no es trivial, y depende de que el propio fabricante disponga del conocimiento para obtenerla, se ha buscado otra serie de criterios basados en medidas fácilmente reconocibles y medibles en la horma.

#### *Criterio basado en largo útil*

Para utilizar el criterio basado en el largo útil, basta que las medidas registradas en el sistema de las diferentes tallas de las hormas incluyan el largo útil de cada horma, y en la configuración del sistema se establezca un porcentaje de confort o tolerancia de dedos, el cual es del 5% (valor establecido para España) por defecto. El criterio de búsqueda de talla adecuada a partir del largo útil surge de aplicar la siguiente fórmula:

$$\forall t \in T: \text{Min}(\text{Abs}(t.\text{LargoUtil}()) - (p.\text{Longitud}() + \%confort))$$

Donde:

**T** es el conjunto de tallas de una horma.

**t** es una talla de una horma en particular.

**Min** es la función que minimiza un conjunto de valores.

**Abs** es la función que calcula el valor absoluto.

**p** es el pie del sujeto.

**%confort** es el porcentaje de tolerancia de dedos

#### *Criterio basado en medidas metatarsales*

Como se ha dicho, se debe establecer criterios adicionales de búsqueda de talla debido a que la medida del largo útil no se puede obtener de la horma de una forma directa. Se requiere por tanto la utilización de medidas de referencia que sí se puedan encontrar de manera automatizada en la horma, y que además, sirvan para relacionar longitudes de pie y horma. Después de analizar qué medidas podrían cumplir este papel, se ha llegado a la conclusión de que es viable la utilización de las medidas de *longitud del primer metatarso y largo de arco*.

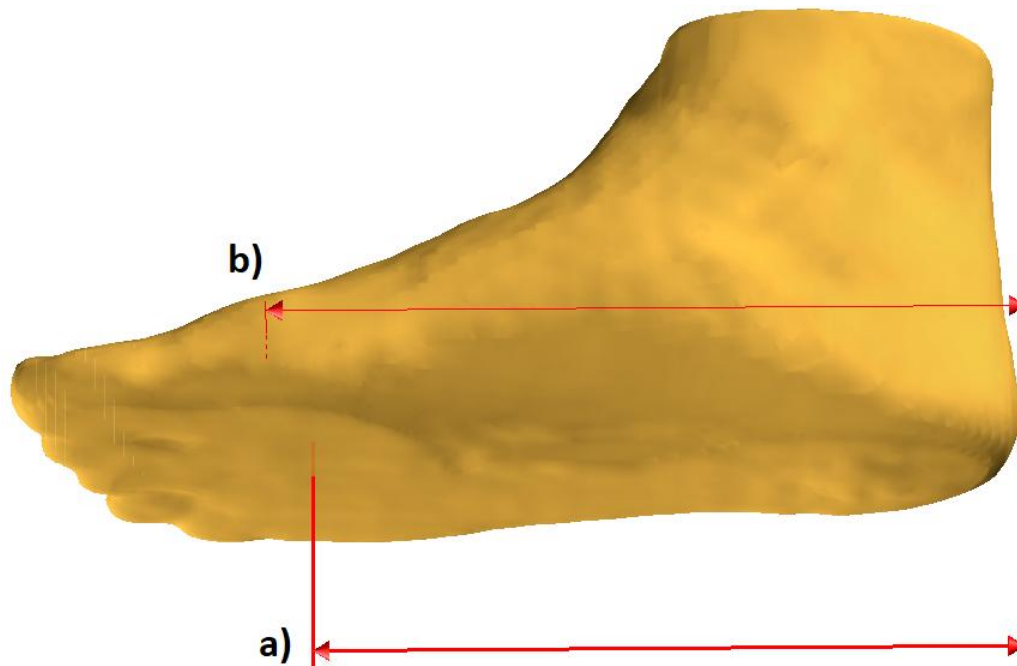


Figura 13: Medidas de largo de arco LAL (a) y longitud del primer metatarso M1L (b).

La medida de longitud del primer metatarso en el pie, consiste en el largo sobre eje cartesiano longitudinal a lo largo del cual se posiciona el pie desde el talón hasta el punto más prominente del pie en la parte interior del metatarso. Esta medida se obtiene también de forma manual mediante el dispositivo estandarizado de medición conocido como *Máquina Brannock.*, Según defiende dicho estándar y un número de expertos como [Jose Lorenzo Herrero, 1991, Inédito], ésta es una medida clave a la hora de buscar la talla adecuada, ya que el metatarso es la parte del pie que sostiene el volumen del zapato, y que realmente va a determinar si el pie calza bien o mal.

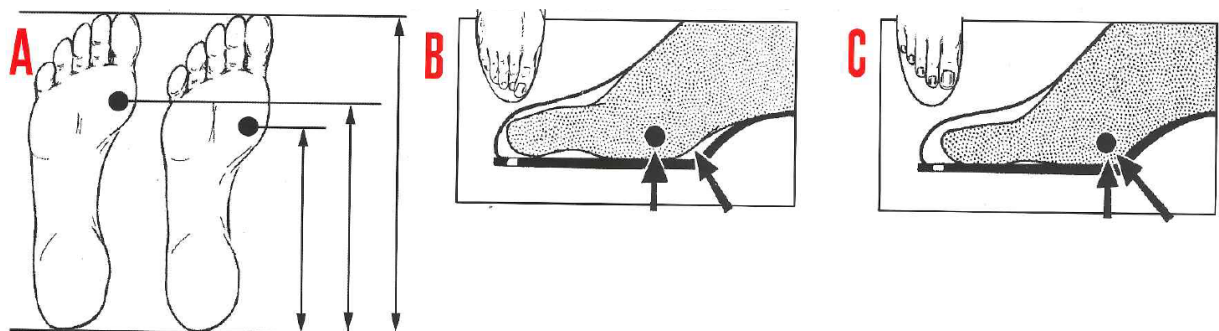
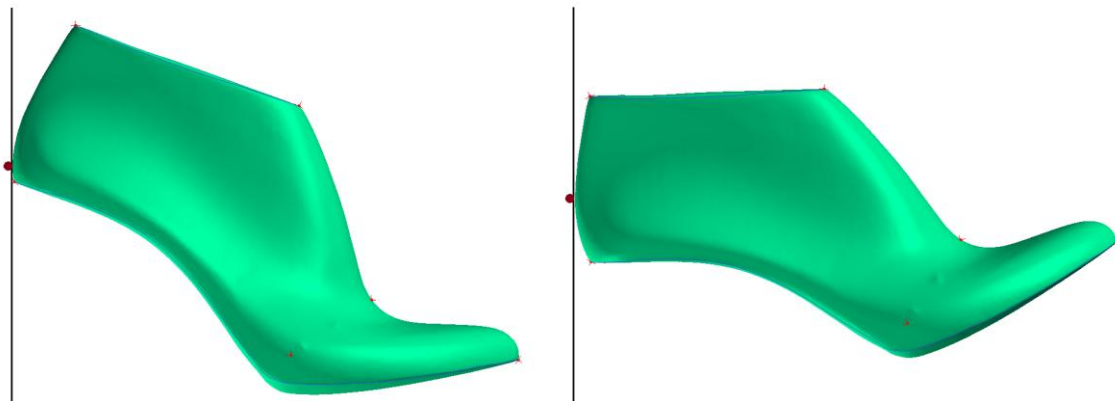


Figura 14: Brannock sostiene que la posición que marca el arco plantar es clave para que el pie se sitúe confortablemente. Fuente: Brannock.

Como complemento a la longitud del primer metatarso se encuentra el largo de arco, el cual marca la longitud del punto central del metatarso, y se encuentra a medio camino entre el primer y el quinto metatarsiano. Se ha creído conveniente el estudio de esta medida debido a que en pies cuyo primer metatarsiano sea poco prominente, la localización de dicho punto puede sufrir un error de varios milímetros, y si se complementa la localización del primer metatarsiano con la del quinto, dicho error podrá ser reducido.

La localización de dichos puntos en el pie no supone ninguna dificultad debido a que la planta del pie siempre se sitúa en plano, y la localización del punto de talón siempre coincide con el punto más atrasado del mismo. La horma, sin embargo, dispone de un quiebre variable que implica que la utilización del criterio para seleccionar el punto de talón como el punto más atrasado, no sea correcta. Por esta razón, ha sido necesario analizar dicha problemática y establecer un criterio de búsqueda de punto de talón que no se vea desvirtuado por el quiebre de la horma, de manera que sea análogo a la localización de este punto en el pie.



*Figura 15: El quiebre de la horma hace que el punto más atrasado dependa de su posicionamiento.*

El criterio que soluciona esta problemática consiste en establecer el punto de talón de acuerdo a la perpendicular (90º) de la curva de planta extendida en la posición en la que toca el talón. De esta forma, el punto de talón no depende del quiebre porque se calcula en función del propio quiebre, es decir, de la inclinación de la curva de planta. Gracias a este criterio es posible calcular la longitud del primer metatarso y el largo de arco de una manera análoga a cómo se obtiene en el pie.

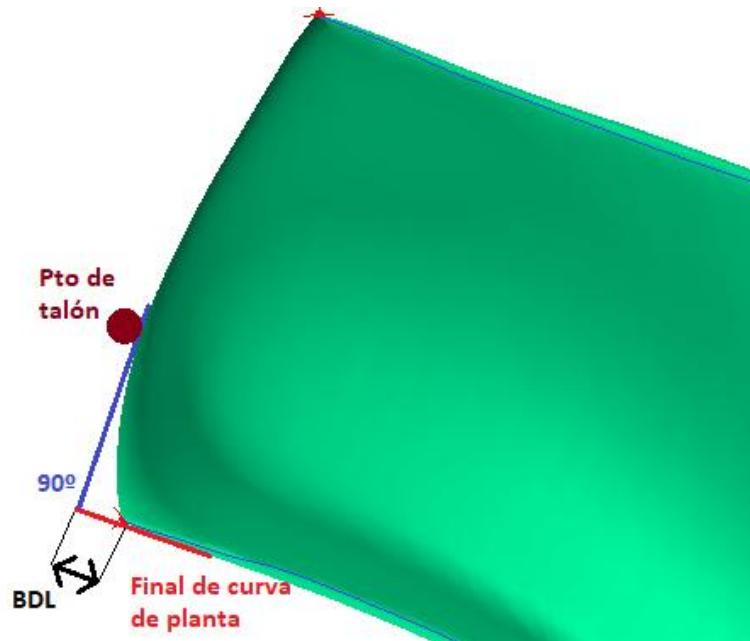


Figura 16: Cálculo de punto de talón y BDL.

En el caso del sistema CAD de diseño de hormas ICadFor, es necesario implementar el cálculo de la longitud de primer metatarso (1ML), ya que esta medida no está contemplada. El punto característico que marca esta longitud, es posible obtenerlo a partir de calcular, a la altura del punto del primer metatarso, un plano que intersecte la curva que marca la longitud total de la horma.

Con respecto a la longitud de arco (LAL), esta medida se calcula exclusivamente sobre la planta de la horma, sin tener en cuenta la separación adicional del talón, la cual se denomina BDL, y se calcula desde el punto trasero de la planta hasta la intersección de la curva de planta extendida con la perpendicular que toca el punto de talón. Por este motivo, en la definición de las medidas que almacena el sistema, se utiliza de manera independizada el BDL de las medidas de longitud metatarsal, de tal forma que el procedimiento de búsqueda de tallas los suma de manera transparente.

De cara a la experimentación que se llevará a cabo en el paquete de PT4, se testarán ambos procedimientos (basados en *longitud del primer metatarso* y *largo de arco*). Para cada uno de los dos, se probará por un lado a usar las medidas específicas del usuario que fueron obtenidas directamente de la fotografía, y por otro, a calcular estas medidas en base a su relación con el largo total del pie. Para este segundo caso, se ha estudiado esta relación, en base a obtener digitalizaciones de los pies de 51 usuarios y calcular un valor medio para cada una de ellas. Estas digitalizaciones han sido obtenidas de una tienda que colabora con INESCOP, y que cuenta con un sistema de cálculo de talla de sus zapatos basado en relacionar la longitud total de los pies digitalizados y el largo útil de la horma. Se ha obtenido las medidas de este conjunto de personas. La tabla de medidas resultante se encuentra en el apartado *Anexo A*.

Según se ha observado en el estudio, en el conjunto de individuos analizados el valor medio con respecto a la longitud total para el largo de arco es de **68,84%**. Con respecto de la desviación de estos valores respecto a la media, el porcentaje de individuos para los cuales esta relación difiere en más de un 10% es únicamente del **0,99%**, lo cual indica que en la gran mayoría de los casos esta relación se cumple de una forma aproximada. Con respecto al largo de arco, el valor medio fue de **73,91%** y el número de casos en los que esta relación difirió en más de un 10% fue de un **2,97%**, lo que también indica que esta relación se cumple en la mayoría de casos.

Por otra parte, la fórmula para calcular la talla con respecto a estas medidas son las que se muestran a continuación.

Usando valores específicos de cada pie:

$$\forall t \in T: \text{Min}(\text{Abs}(t.LAL() - p.LAL() ))$$

$$\forall t \in T: \text{Min}(\text{Abs}(t.1ML() - p.1ML() ))$$

Usando valores medios:

$$\forall t \in T: \text{Min}(\text{Abs}(t.LAL() - p.Longitud() * LALMedia ) )$$

$$\forall t \in T: \text{Min}(\text{Abs}(t.1ML() - p.Longitud() * 1MLMedia ) )$$

Donde:

**T** es el conjunto de tallas de una horma.

**t** es una horma de una talla en particular.

**p** es el pie del sujeto.

**LAL** es la función que obtiene la longitud de arco del pie/horma.

**1ML** es la función que obtiene la longitud de 1er metatarso de pie/horma.

**LALMedia** es la relación media entre el largo del pie y la longitud de arco.

**1MLMedia** es la relación media entre el largo del pie y la longitud de 1er metatarso.

#### *Criterio de obtención de ancho*

Existen casos en los que para una misma talla, el fabricante utiliza hormas de varios anchos para ajustarse en una mayor medida a los parámetros de confort del usuario independiente del tipo de pie que éste tenga, sea grueso o fino. Para este tipo de situaciones se ha planteado que el procedimiento de búsqueda de talla relacione también el ancho del pie con el ancho de la horma, en caso de que el fabricante utilice distintos tipos de anchos.

La principal dificultad de este procedimiento, radica en que la medida de referencia a utilizar para relacionar el grosor del pie con el de la horma debe ser el perímetro metatarsal anatómico, ya que por un lado la medida de referencia debe ser perimetral,



y por otro, éste es el único perímetro significativo del pie que no puede ajustarse con el atado de los zapatos. El problema radica en que, a partir de una fotografía, resulta imposible obtener medidas perimetrales, por lo que esta relación debe calcularse en base al ancho del pie. Sin embargo, los anchos de pie y horma no son directamente equiparables, ya que el perímetro de la horma tiene una forma más similar a un cilindro, la cual sirve para envolver al pie cuando se sitúa en su interior. El pie, por el contrario, tiene una forma más achatada cuando se encuentra en reposo, por lo que el ancho del pie medido en reposo siempre será mayor que el ancho de la horma.



*Figura 17: Como se aprecia en la imagen, ancho de pie y horma no son directamente equiparables.*

La solución adoptada en este caso, ha consistido en aproximar el perímetro metatarsal del pie en base a su ancho, calculando la relación media entre estas dos medidas en un el mismo conjunto de individuos que se ha utilizado para obtener la relación de la longitud del pie con las longitudes metatarsales. La tabla resultante se puede visualizar en el *Anexo B*. La principal conclusión obtenida es que el perímetro metatarsal es, de media, un **252,7%** mayor que el ancho del pie. Sobre el total de individuos analizados, se observa que en un **95.1%**, la desviación de esta relación con respecto a la media es inferior al 5%, de lo es posible determinar que esta relación se cumple de manera aproximada en la mayoría de los casos.

La búsqueda del ancho de la horma se realizará sobre el subconjunto de hormas resultantes tras filtrar por talla (obtenida de la longitud) adecuada. La fórmula es la que a continuación se muestra:

$$\forall a \in A_t: \text{Min}(\text{Abs}( a.BGL() - p.Ancho() * BGLMedia ) )$$

Donde:

**A<sub>t</sub>** es el conjunto de anchos para una determinada talla

**a** es una horma de un ancho particular.

**p** es el pie del sujeto.

**BGL** es la función que obtiene el perímetro metatarsal anatómico.

**BGLMedia** es la relación media entre el ancho y el perímetro metatarsal del pie.

### *Rectificaciones*

Como apunte final, y según la información transmitida por UNISA, el calce adecuado no sólo depende de la geometría de la horma, sino que existe un número de factores externos que pueden alterar la sensación de confort. Éstos pueden depender del montado del zapato, de la distribución de las piezas sobre la misma; o incluso de la naturaleza de sus materiales, los cuales pueden ser de diferentes grosores y tender a comprimir el pie, o tener propiedades, como la flexibilidad, que alteran la percepción de confort en la zona del metatarso a la hora de flexionar el pie., si produce arrugas en ciertos lugares, etc.

Es por ello que cualquier método que se defina para relacionar las dimensiones del pie y la horma, siempre se puede refinar en base a la experiencia, y con el método de prueba y error. Por este motivo, se ha decidido incorporar al sistema la posibilidad de alterar las medidas base de la horma si se observa que en general se están recomendando tallas más grandes o más pequeñas. Esta modificación puede estar definida por un valor fijo en milímetros, o un valor porcentual sobre la medida total, además de poder ser positivo o negativo. La fórmula que resume este comportamiento es la siguiente:

$$\forall t \in T: \text{Min}(\text{Abs}( t.Medida() - ( p.Medida() + \text{rectificación} ) ) )$$

Donde

**Medida( )** es la medida de referencia a utilizar tanto de pie como horma

**Rectificación** es la corrección en forma de mm. o % que se va a aplicar.

## 2.6. Obtención de tallas en sistemas internacionales de acuerdo a la norma ISO.

Se ha definido de igual manera una metodología para obtener la información de talla en los distintos sistemas internacionales de marcado (*Continental, Mondopoint, Británico, etc.*) de acuerdo al procedimiento que indica la normativa ISO, con el objetivo de que la arquitectura, además de calcular una talla específica para cada horma, calcule la talla de acuerdo al estándar internacional. De esta forma, será posible conocer la desviación del método de tallaje del fabricante con respecto a dicho estándar, y el usuario podrá conocer su talla universal sea cual sea su país de origen y el método de marcado utilizado allí. Aunque no hay solución exacta al problema de conversión precisa entre distintos sistemas, pero la normativa ISO proporciona una tabla simplificada que permite la conversión aproximada entre sistemas. La solución proporcionada se basa en la interpretación de la información contenida en esta tabla.

El método de cálculo desarrollado parte del sistema de tallaje *Mondopoint*. A diferencia de otros sistemas, como el continental, el británico o el americano, en el que la talla se basa en el largo útil de la horma, *Mondopoint* se basa directamente en la longitud real del pie. Para ello, se ha partido de establecer una función que calcula la talla en este sistema, y se realiza una búsqueda de sus tallas equivalentes en el resto de sistemas. La función planteada para el cálculo de talla es la siguiente:

$$SizeMP = Ceil( FootLength, +5 )$$

Donde

**SizeMP** es el número de talla en sistema *Mondopoint*.

**Ceil( )** es una función que redondea hacia arriba en función del rango especificado por parámetros.

**FootLength** es la longitud del pie.

El método de cálculo se ajusta al sistema de tallaje de *Mondopoint*, en el que las tallas se agrupan en rangos de 5 en 5mm. Una vez se cuenta con la talla en este sistema, es posible convertirla al resto de sistemas con la función *GetSizeTableValue*, la cual recupera la información de la tabla representada en la normativa internacional.

$$SizesOtherSystems = GetSizeTableValue( SizeMP, PersonType )$$

Donde

**SizesOtherSystems** es una tripleta con la talla en sistema Continental, Británico y Americano.

**SizeMP** es la talla en formato *Mondopoint*.

**PersonType** indica si es hombre, mujer o niño.

### 3. Definición de *front-end* de arquitectura

En el presente apartado se especifica la definición del *front-end* de usuario, es decir, los detalles y funcionalidades de la aplicación móvil que sirven al usuario para obtener sus medidas del pie y comunicar información con el *back-end* de la arquitectura. En base a esta especificación detallada es posible llevar a cabo la implementación mediante lenguaje informático del prototipo de aplicación, la cual se podrá instalar en cualquier dispositivo móvil.

La estructura de este apartado consiste, en primer lugar, en presentar una visión global de la aplicación, en la que se especifica la navegación entre actividades y la comunicación con el *back-end*. Siguiendo la nomenclatura de la plataforma *Android*, se denomina *Actividad* a cada formulario o pantalla que integra la aplicación. Esta forma de estructurar una aplicación móvil es extrapolable a otras plataformas. Sin embargo, por claridad, se utilizará el término *Actividad* a lo largo de todo el apartado.

Después de la descripción general, se desgranar cada una de las actividades explicando detalladamente su funcionalidad, y cómo se hace patente a través de la interfaz de usuario. Finalmente, se aportan detalles de la metodología seguida para implementar el módulo del cliente web, que permite a las actividades comunicar información con el servidor.

#### 3.1. Navegación entre actividades y comunicación con el servidor

Se ha establecido una numeración para el listado de actividades de tal manera que se aporte claridad a la hora de referenciarlas. Dicha lista de actividades es la siguiente:

- AC0: Pantalla de bienvenida o splashscreen.*
- AC1: Pantalla de acceso al sistema para el usuario.*
- AC2: Pantalla de registro del usuario en el sistema.*
- AC3: Menú principal de la aplicación.*
- AC4: Subsistema de toma de fotografías y cálculo de medidas.*
- AC5: Listado de clientes que se han efectuado mediciones.*
- AC6: Informe de medidas y tallas ISO.*
- AC7: Pantalla de visualización de modelos/tallas.*
- AC8: Pantalla de configuración de la aplicación.*
- AC9: Pantalla de tutorial.*

A continuación se presenta el grafo que ilustra el mapa de navegación de la aplicación móvil, y la información que cada actividad debe enviar y recibir de la nube. En las posteriores secciones, se especifican los detalles e interfaz de usuario de cada una de dichas actividades:

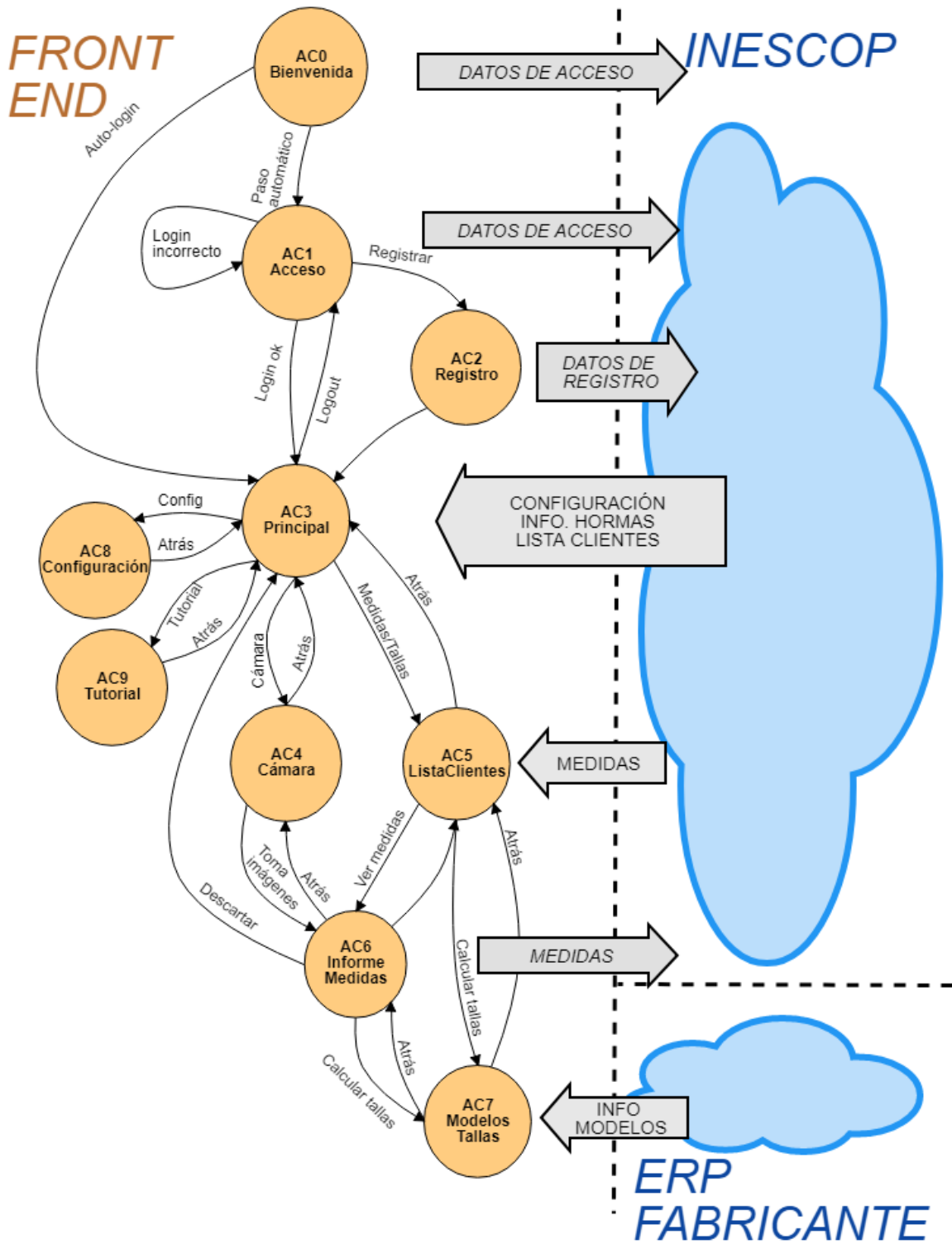


Figura 18: Grafo de navegación entre actividades, y comunicación con el servidor.

### 3.2. AC0: Bienvenida

Esta actividad consiste en la pantalla de bienvenida de la aplicación (referenciada habitualmente en idioma inglés como *splashscreen*). Esta actividad es el punto de entrada a la aplicación, y mientras muestra a pantalla completa el logo y nombre de la aplicación, sin dar opción a interactuar con el usuario, realiza tareas en segundo plano.

En el caso de la aplicación *front-end* del proyecto *MORFOCLOUD*, durante la pantalla de bienvenida se comprueban las credenciales de acceso del usuario a la plataforma, almacenadas en la memoria privada no volátil del dispositivo (token JWT, nunca usuario y contraseña, lo cual podría resultar inseguro) y se comprueba su validez. En caso afirmativo, se accede directamente a la pantalla de inicio de aplicación. De lo contrario, la aplicación remite a la pantalla de acceso de usuarios.

*Comunicación con servidor. Envía (a Cloud INESCOP):*

- Token JWT almacenado. Comprueba su validez, y que no ha caducado, y procede a intentar el *autologin*.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Pantalla presentación	Logo y nombre de la aplicación. No permite interacción con el usuario. Si <i>autologin</i> correcto, se va a la pantalla principal. Si <i>autologin</i> erróneo, a la pantalla de acceso.



Figura 19: Actividad bienvenida.

### 3.3. AC1: Acceso al sistema

En esta pantalla se muestran los campos para que el usuario introduzca sus credenciales para acceder al sistema, así como la posibilidad de navegar a la actividad de registro en caso de que no se encuentre registrado. Una vez el usuario introduce las credenciales, se obtiene el *token JWT* para comunicar con el servidor, se configura el *autologin* almacenándolo en la memoria permanente privada de la aplicación y se navega a la pantalla principal. En caso de credenciales incorrectas, se informa al usuario

*Comunicación con servidor. Envía (a Cloud INESCOP):*

- Usuario y contraseña (autenticación *básica*) para obtener el *token JWT* que permita utilizar los servicios web.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Usuario / Contraseña	Campos de nombre usuario y contraseña que el usuario ha de rellenar para acceder al sistema.
2	Botón acceso	Botón para enviar las credenciales e intentar acceder a la pantalla principal.
3	Crear cuenta	En caso de que el usuario no esté previamente registrado, este enlace permite navegar a la actividad de registro.

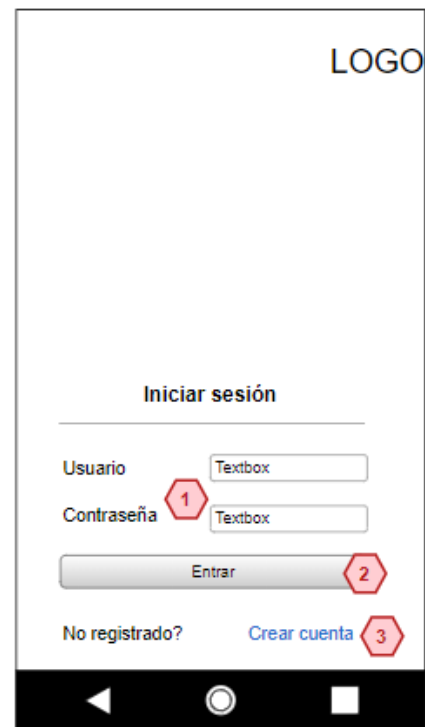


Figura 20: Actividad acceso.

### 3.4. AC2: Registro de usuarios

En esta actividad se muestra un formulario para que el usuario introduzca sus datos personales, y se registre en la plataforma. Una vez validados los campos recibidos en el servidor, se proporciona un *token* de acceso con el cual el usuario podrá continuar usando los servicios hasta que caduque, y se navega a la actividad principal.

*Comunicación con servidor. Envía (a Cloud INESCOP):*

- Los datos de registro (no requiere autenticación) para obtener el *token JWT* que permita utilizar los servicios web.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Campos registro	Campos que el usuario debe rellenar para efectuar su registro. Los campos no obligatorios.
2	Botón registro	Botón para enviar los datos de registro y navegar a la actividad principal.

Figura 21: Actividad de registro.



### 3.5. AC3: Menú principal de la aplicación

Esta actividad consiste en la pantalla que da acceso a las principales funcionalidades de la aplicación. Dichas funcionalidades serán explicadas en detalle en el apartado correspondiente a cada actividad. Los datos que se reciben por parte del servidor en esta actividad quedan almacenados en la memoria de la aplicación y se utilizan en posteriores actividades.

**Comunicación con servidor. Recibe (de Cloud INESCOP):**

- Configuración de la aplicación.
- Registro de hormas con sus tallas y medidas.
- Listado de clientes asociados al usuario.

**Interfaz de usuario:**

Nº	Nombre	Descripción
1	Nombre de usuario	Nombre de usuario que ha accedido al sistema.
2	Botón realizar medición	Abre la actividad AC4 de tomar fotografías.
3	Botón consultar mediciones	Abre la actividad AC5 de listado de clientes, para después mostrar las medidas en la actividad AC6.
4	Botón obtener tallas	Abre la actividad AC5 de listado de clientes, para después mostrar la recomendación de tallas en la actividad AC7.
5	Tutorial	Abre la actividad AC9, mostrando el tutorial del proceso de medición.
6	Botón configuración	Abre la actividad AC8 de configuración.
7	Botón cierre de sesión	Cierra sesión, volviendo a la actividad AC1 de login, y borrando el token de autologin de la memoria de la aplicación.


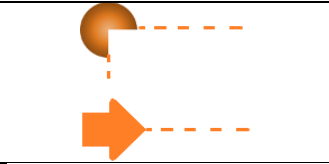
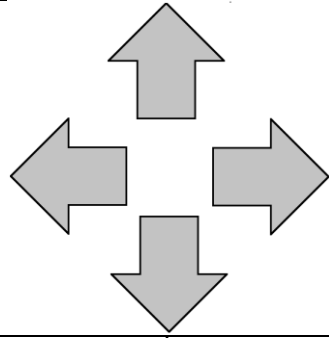
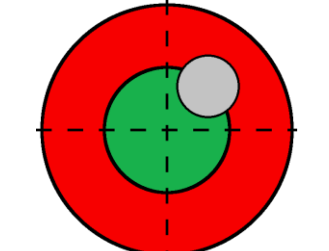


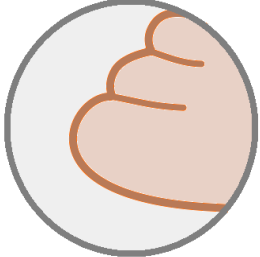
Figura 22: Actividad principal.

### 3.6 AC4: Subsistema de toma de fotografías y cálculo de medidas

La actividad de toma de fotografías y cálculo de medidas tiene un carácter particular, al ser de una tipología más compleja que el resto. Esto es debido a la cantidad de elementos gráficos interactivos con los que cuenta, que además se deben crear específicamente para dicha actividad. Adicionalmente, la actividad puede descomponerse en distintas partes, en la cual cada una cuenta con una funcionalidad específica, y la información y elementos que se muestran en pantalla varían. La información algorítmica sobre la técnica de cálculo de medidas se presenta en el bloque 4 del presente documento. Este apartado sólo pretende representar cómo se ha estructurado y la información gráfica de la presente actividad. Por ello, se describirán en primer lugar los distintos elementos gráficos con los que cuenta esta actividad, en segundo lugar, los distintos bloques en los que se descompone, y finalmente, un grafo de navegación que permita comprender la navegación por la misma.

#### 3.6.1: Elementos gráficos de la actividad:

Elemento	Descripción
	<p><b>Plantilla de posición:</b> Plantilla sobreimpresa en pantalla que orienta al usuario sobre la posición en la que debe realizar la fotografía, haciendo coincidir las esquinas del folio con las de la plantilla de manera aproximada.</p>
	<p><b>Nodos posicionadores:</b> Nodos sobreimpresos en pantalla que el usuario puede arrastrar para definir posiciones, tanto relativas a las esquinas del folio como de puntos característicos del pie. El nodo cambia de color cuando se selecciona.</p>
	<p><b>Posicionador manual:</b> Permite modificar la posición del nodo seleccionado pulsando en cada uno de los botones/flechas. Mantener el botón pulsado permite que el nodo efectúe un movimiento continuo..</p>
	<p><b>Nivel de orientación:</b> Elemento para ayudar al usuario a colocar el teléfono en la posición adecuada. El eje X del nivel está conectado al valor de <i>yaw</i> del sensor de orientación del teléfono, mientras que el eje Y está conectado al valor de <i>pitch</i>. La posición de la burbuja gris en la zona verde, indica que la posición es adecuada para la toma de la fotografía.</p>

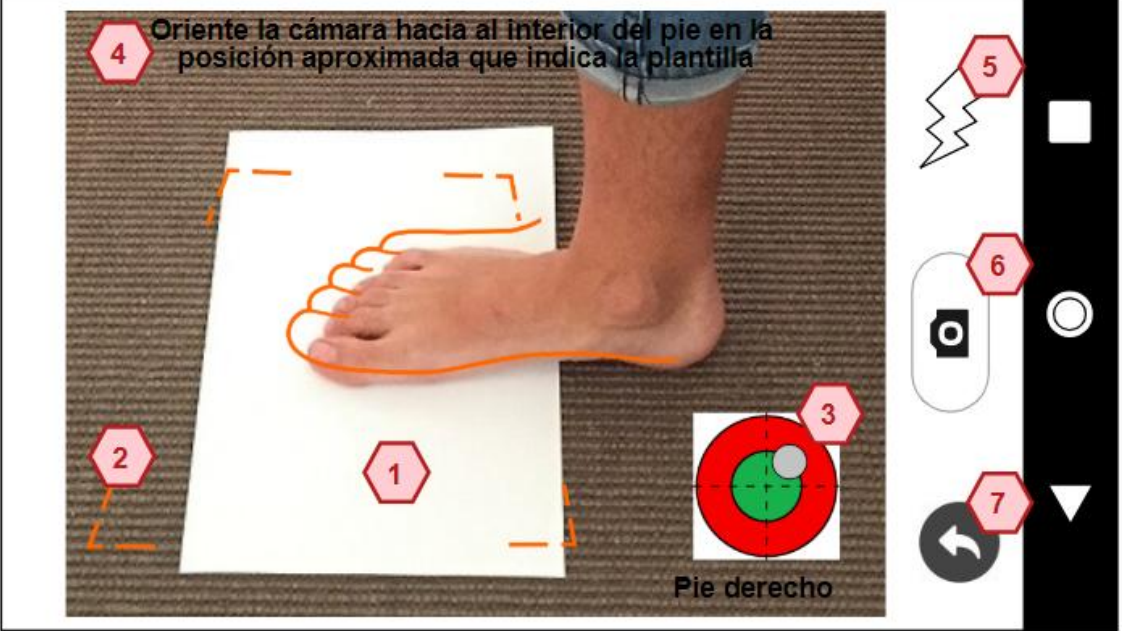
	<p><b>Lupa.</b> Amplía el entorno del nodo seleccionado, de manera que el usuario pueda ver la imagen que ha tomado con la suficiente resolución como para definir correctamente las posiciones requeridas.</p>
---	---

Además de los elementos mencionados en la tabla anterior, en todas las fases de la presente actividad se mostrará un texto informativo explicando cómo debe proceder el usuario, y un indicativo del pie (izquierdo/derecho) que el usuario fotografía.

### 3.6.2: Sub-bloques de la actividad:

La toma de cada medida podría dividirse en 4 sub-bloques: a) Toma de fotografía; b) Verificación de fotografía; c) Definición de esquinas; d) definición de puntos característicos. Considerando que para cada pie se pueden tomar las medidas de longitud (fotografía lateral) y ancho (fotografía superior), esto significa que para cada pie se pasa por cada uno de estos sub-bloques 2 veces. A continuación éstos se describen en detalle:

**AC4\_A: Toma de fotografía**



Orienta la cámara hacia al interior del pie en la posición aproximada que indica la plantilla

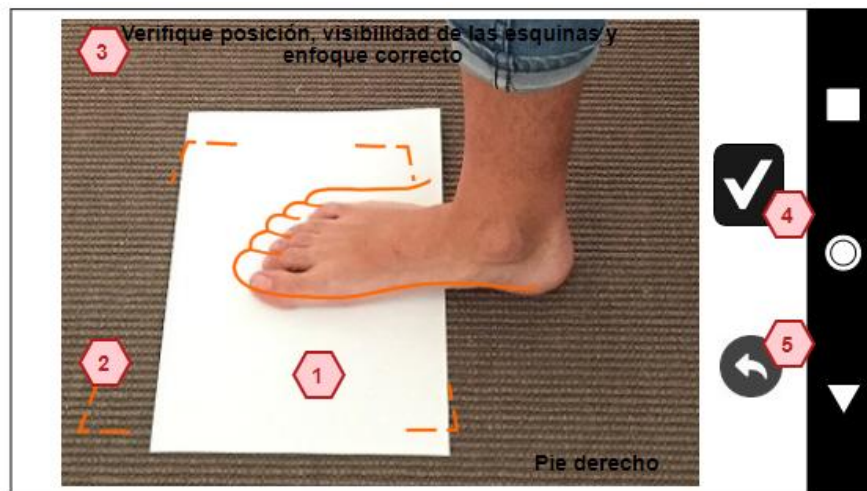
Pie derecho

En este primer paso de la actividad, el usuario orienta la cámara y toma la fotografía. Los elementos que se muestran en pantalla son:

1. Previsualización de la cámara
2. Plantilla de posición

3. Nivel de orientación
4. Texto explicativo
5. Botón de flash. Activa/desactiva el flash. Si el dispositivo no tiene flash, se oculta el botón.
6. Botón de fotografía. Toma la fotografía
7. Botón de atrás. Navega al paso anterior de la actividad.

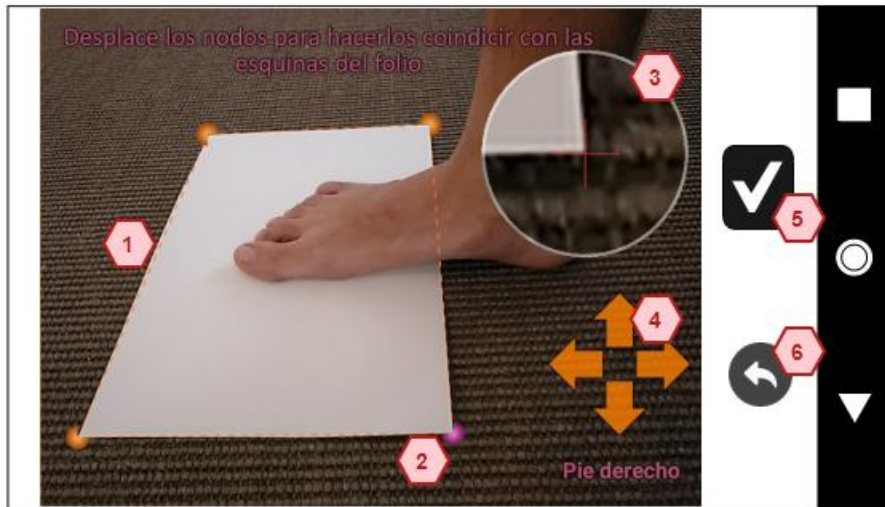
### AC4\_B: Verificación de fotografía



En el segundo paso, se ha de verificar que la fotografía es correcta, comprobando parámetros como posición, enfoque, y visibilidad de las 4 esquinas del folio. Los elementos que se muestran en pantalla son:

1. Fotografía tomada.
2. Plantilla de posición.
3. Texto explicativo.
4. Botón confirmar.
5. Botón atrás.

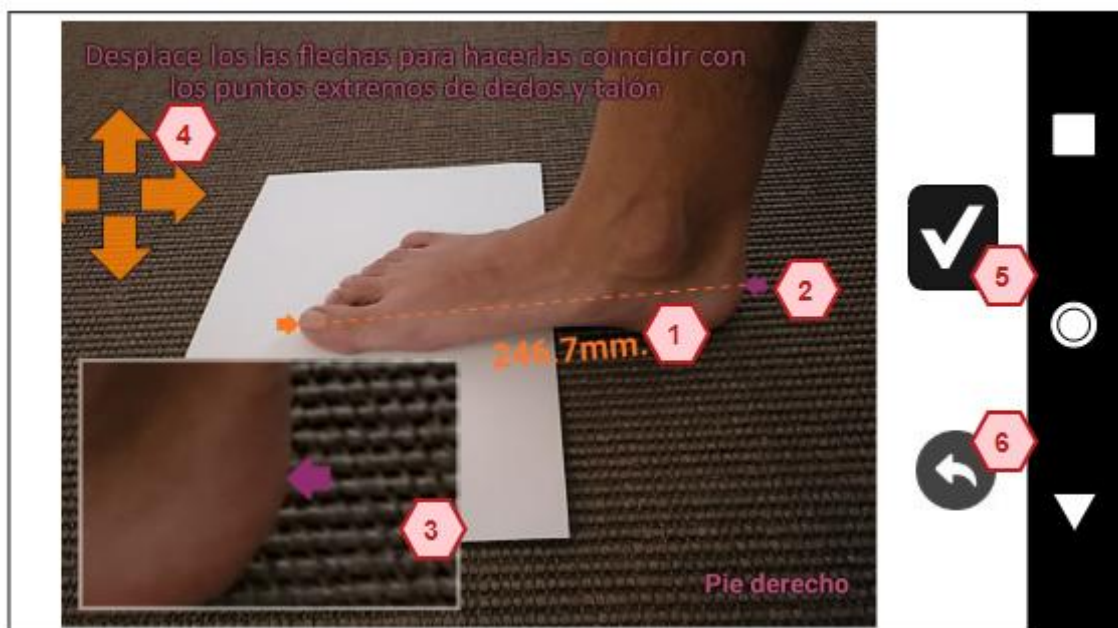
### AC4\_C: Definición de esquinas



En el tercer paso, se han de posicionar los nodos que definen las esquinas del folio sobre éstas mismas. Los elementos que se muestran en pantalla son:

1. Conjunto de nodos que marcan las esquinas del folio
2. Nodo seleccionado.
3. Lupa que amplía el entorno del nodo seleccionado.
4. Posicionador.
5. Botón confirmar.
6. Botón atrás.

### AC4\_C: Definición de esquinas



En el último paso, se han de definir los puntos característicos de longitud o ancho del pie. sobre éstas mismas. Los elementos que se muestran en pantalla son:

1. Nodos que marcan los puntos característicos y medida obtenida en tiempo real.
2. Nodo seleccionado.
3. Lupa que amplía el entorno del nodo seleccionado.
4. Posicionador.
5. Botón confirmar.
6. Botón atrás.

El grafo que muestra la navegación interna por las distintas fases de esta actividad se presenta en la *figura 23*. Se ha determinado que en una primera instancia se realice la toma y verificación de las fotografías para a continuación, permitir al usuario definir los nodos, ya en una postura más relajada y sin tener que mantener la posición del pie. Aunque no se ha incluido en el grafo, se considera que cada estado siempre permite la navegación al estado anterior pulsando el botón *atrás*.

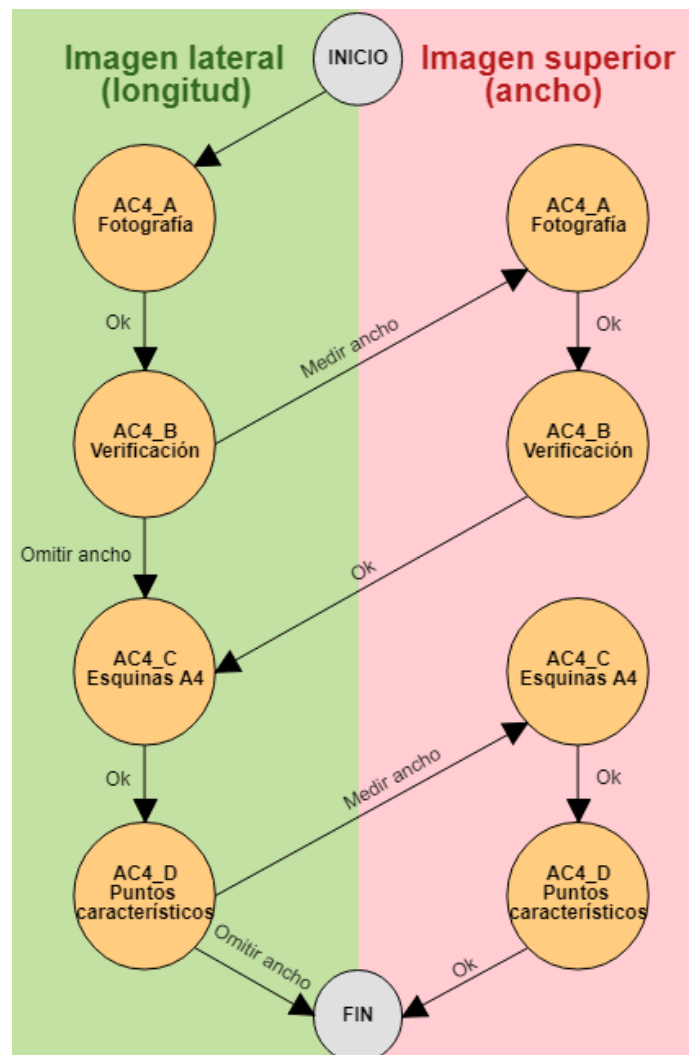


Figura 23: Diagrama de navegación por la actividad AC4.

### 3.7 AC5: Listado de clientes

En esta actividad permite la visualización y gestión de la lista de clientes asociada al usuario. Dicha lista fue descargada del servidor en la actividad AC3. Pulsando sobre un determinado cliente del listado, y en función del botón que se haya seleccionado en la actividad anterior, se muestra la actividad de informe de medidas para dicho cliente, o la recomendación de tallas.

**Comunicación con servidor. Recibe (de Cloud INESCOP):**

- Medidas de los pies del cliente una vez éste se ha seleccionado.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Fila cliente	Muestra la información del cliente, como su nombre, la fecha de la última toma de medidas, y los pies que se han registrado. Al pulsar encima, se navega a la actividad AC6 o AC7 según corresponda.
2	Check selección	Permite seleccionar el usuario para su borrado.
3	Botón atrás	Navega a la actividad principal.
4	Botón seleccionar / deselectionar todos	Selecciona/deselecciona la lista completa de clientes para su borrado.
5	Botón borrar	Borra todos los clientes seleccionados. De manera previa se ha de mostrar un diálogo de confirmación.

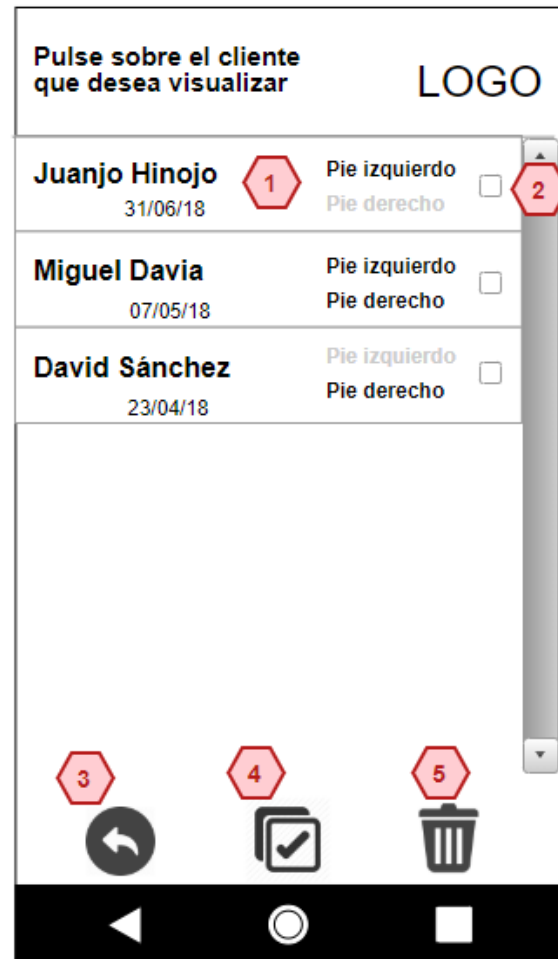


Figura 24: Actividad de listado de clientes.

### 3.8 AC6: Medidas registradas

La actividad presente muestra el informe de medidas y la relación de tallas en relación al tallaje ISO que calza el cliente en cada uno de sus pies. Esta actividad se utiliza para implementar dos funcionalidades diferentes: el visualizar las medidas de un cliente que ha sido registrado previamente, o el almacenar una nueva medición. Por ello, y aunque se trate de la misma actividad, esta se va a describir en dos bloques independientes correspondientes a sus dos modalidades de uso:

#### a) Modo **Consultar informe de medidas**

En relación a las mediciones, en este modo solo se tiene la posibilidad de visualizarlas y borrarlas.

*Comunicación con servidor. Envía (a Cloud INESCOP):*

- Cliente y medidas del pie a borrar.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Medidas / tallas ISO	Se muestra una columna por cada pie con las medidas obtenidas y las tallas ISO calculadas. En caso de no existir mediciones para un determinado pie, la columna se mostrará vacía.
2	Botón borrado	Permite borrar las medidas de la columna seleccionada.
3	Botón atrás	Navega a la actividad anterior.
4	Botón obtener tallas	Abre la actividad de búsqueda de tallas para los modelos del fabricante.
5	Botón compartir	Comparte el informe para enviarlo como texto con cualquier app que permita enviar o publicar mensajes de este tipo.
6	Tipo cliente	Este avatar indica si el cliente se trata de un hombre, mujer o niño/a.

Medidas de JUANJO HINOJO		LOGO
Pie	Izquierdo	Derecho
Longitud (mm.)	246.63	244.65
Long. Arco (mm.)	94.98	94.90
Ancho (mm.)	94.98	94.90
Talla Cont.	40	40
Talla Mondopt.	250	250
Talla UK.	6.5	6.5
Talla US.	7.5	7.5
Fecha	13/6/18	12/7/18

Figura 25: Informe de medidas.



**b) Modo Guardar medidas**

Este modo permite gestionar la última medida tomada, de forma que se pueda descartar, asociar un cliente existente, o en caso de que el cliente no haya registrado medidas en el sistema, crear uno nuevo.

**Comunicación con servidor. Envía (a Cloud INESCOP):**

- Medidas del pie obtenidas.
- Información del cliente (nombre y tipo) en caso de que éste no exista.

*Interfaz de usuario*

Nº	Nombre	Descripción
1	Medidas / tallas ISO	Caja de texto para rellenar nombre del cliente.
2	Botón búsqueda	Abre formulario para buscar cliente existente partiendo del filtro establecido en 1.
3	Botón atrás	Navega a la actividad anterior.
4	Informe de medidas	Medidas obtenidas. Las obtenidas en la última medición aparecen en color verde.
5	Descartar medidas	Descarta las medidas obtenidas y vuelve a la actividad principal.
6	Guardar medidas	Guarda las medidas asociándolas al nuevo cliente o cliente seleccionado.
7	Compartir	Comparte el informe para enviarlo como texto con cualquier app que permita enviar o publicar mensajes de este tipo.

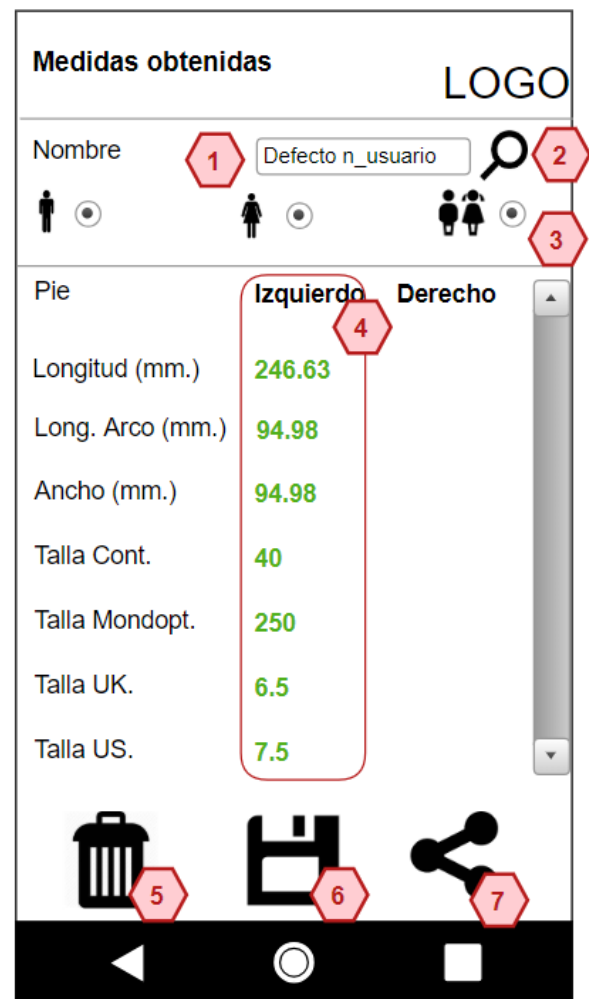


Figura 26: Guardado de medidas.

### 3.9 AC7: Pantalla de visualización de modelos/tallas

En esta actividad se visualiza el informe que especifica la talla adecuada para cada uno de los modelos registrados en el sistema en función de las medidas del pie del usuario.

*Comunicación con servidor. Recibe (del ERP Fabricante):*

- Listado de tipos de modelo.
- Listado de colores disponibles.
- Listado de modelos.
- Previsualización de modelos.

*Interfaz de usuario*

Nº	Nombre	Descripción
1	Nombre cliente	Nombre del cliente al que están dirigidas las tallas.
2	Info modelo	Información del modelo (nombre, tipo, precio) y de la talla y/o ancho adecuados para cada pie.
3	Vista del modelo.	Previsualización del modelo mostrado.
4	Botón atrás	Navega a la actividad anterior.
5	Compartir	Comparte la lista de modelos y tallas adecuadas para enviarlo como texto con cualquier app que permita enviar o publicar mensajes de este tipo.
6	Filtro (opcional)	Filtra los modelos por los siguientes campos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio min y max.</li> <li>- Tipo</li> <li>- Color</li> </ul>
7	Ordenar (opcional)	Ordena ascendente o descendentemente la lista de modelos según el campo que se determine.

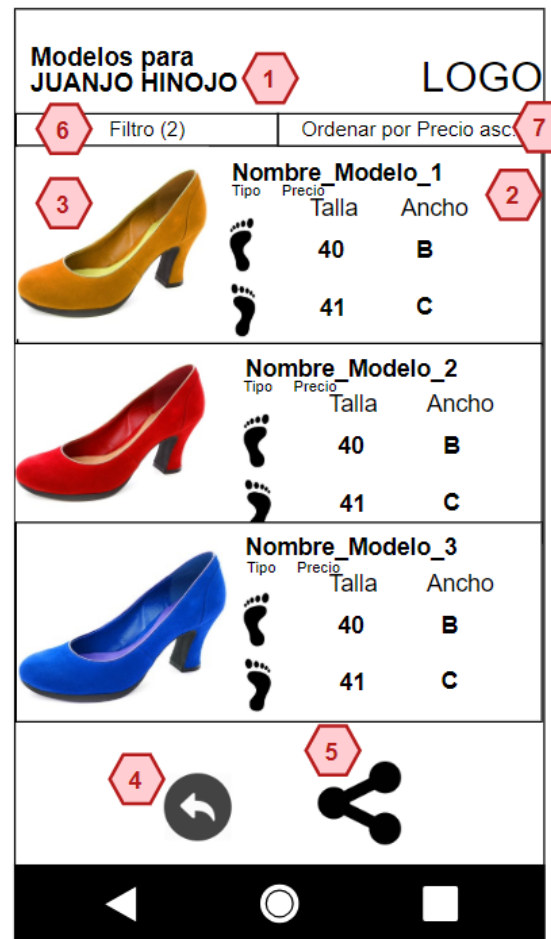


Figura 27: Obtención de tallas para cada uno de los modelos.

### 3.10 AC8: Pantalla de configuración de la aplicación

Esta actividad permite configurar ciertos parámetros locales al *front-end*, ya que la configuración del sistema en su conjunto la establece el administrador en el *back-end*, se descarga en la aplicación móvil (según se describe en actividad AC3) y se aplica de forma transparente al usuario. Los parámetros que pueden configurarse únicamente desde el *front-end* se corresponden con aspectos del proceso de medición de pies, el cual el usuario puede customizar en base a su preferencias y/o necesidades. Esta configuración se almacena de manera local al sistema.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Auto detectar iz/der	Detecta automáticamente si se está fotografiando el pie derecho o izquierdo en función de la orientación del dispositivo.
2	Omitir ancho	Permite omitir el fotografiado y cálculo del ancho del pie.
3	Botón volver	Vuelve a la actividad principal, guardando los cambios que se hayan producido.
4	Botón restaurar	Restaura las opciones que hubiera configuradas al entrar a la actividad.

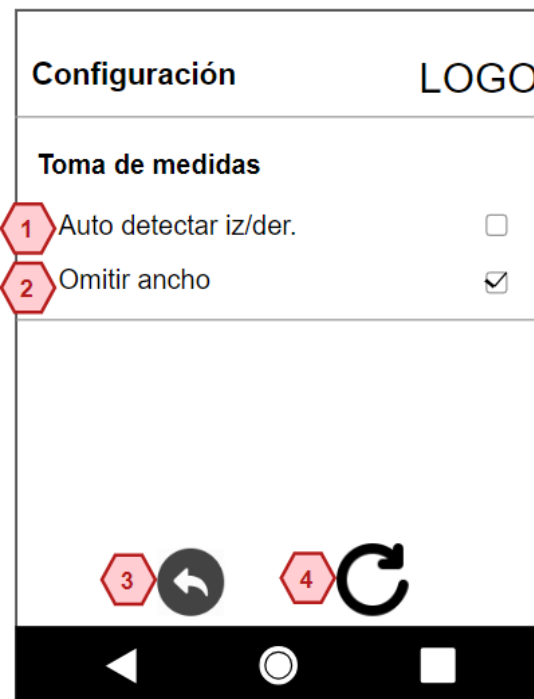


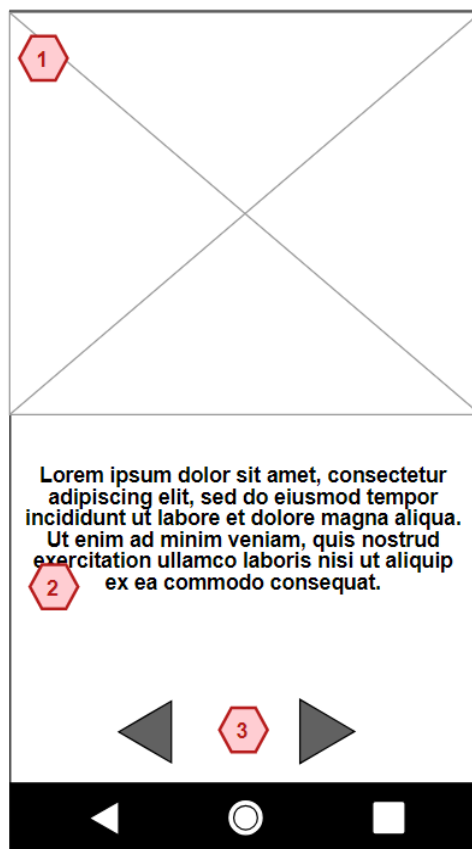
Figura 28: Configuración local de la aplicación.

### 3.11 AC9: Tutorial

Esta actividad proporciona información acerca del proceso de medición del pie. El procedimiento se estructura en una serie de pasos, de los cuales se muestra información mediante una imagen y un texto explicativo. Es posible navegar hacia atrás y hacia adelante en la secuencia de pasos, para avanzar en las explicaciones o revisar anteriores. La actividad finaliza, bien cuando se intenta avanzar desde el último paso, o cuando se intenta retroceder desde el primero.

*Interfaz de usuario:*

Nº	Nombre	Descripción
1	Imagen	Imagen que ilustra el paso actual.
2	Texto explicativo	Explicación sobre el paso actual.
3	Botones de navegación	Permiten navegar hacia atrás o hacia delante en la secuencia explicativa. El gesto de arrastrar con el dedo efectuado sobre la pantalla aporta la misma funcionalidad que los botones.



*Figura 29: Tutorial.*

### 3.12 Especificación de cliente REST

Para finalizar con el apartado 3 del presente entregable, se ha considerado conveniente ilustrar cómo se ha abordado la definición del cliente de servicios web de tipo *REST*, que permite conectar la aplicación móvil con el *back-end* de la arquitectura en la nube. Esto se debe a que ésta supone una parte significativa y esencial de la implementación propuesta. Esta implementación se ha realizado en tres niveles:

*a) Nivel 1: Gestor genérico de API.*

En el primer nivel se implementa la clase *TRestAPIManager*, la cual se encarga de gestionar la parte genérica de un *API REST*. Esta clase contiene, entre otros elementos, la cola de peticiones *HTTP* que se envían al servidor (que puede gestionarse con una librería específica, por ejemplo la *Volley* de *Android*); además de métodos genéricos del *API*, como pueden ser los que gestionan la autenticación mediante *OAuth2* o los que procesan las respuestas de error genéricas.

*b) Nivel 2: Gestor del API de tallas.*

En este nivel se encuentran las peticiones a cada uno de los servicios web implementados en el *back-end*. Se configura cada petición en función de su tipología y modo de autenticación.

*c) Nivel 3: Actividades*

En este nivel se realizan las llamadas al gestor de *API* de tallas, configurando los datos de entrada de cada petición, y recogiendo mediante *callbacks* la salida correcta o el error que en cada caso se produzca.

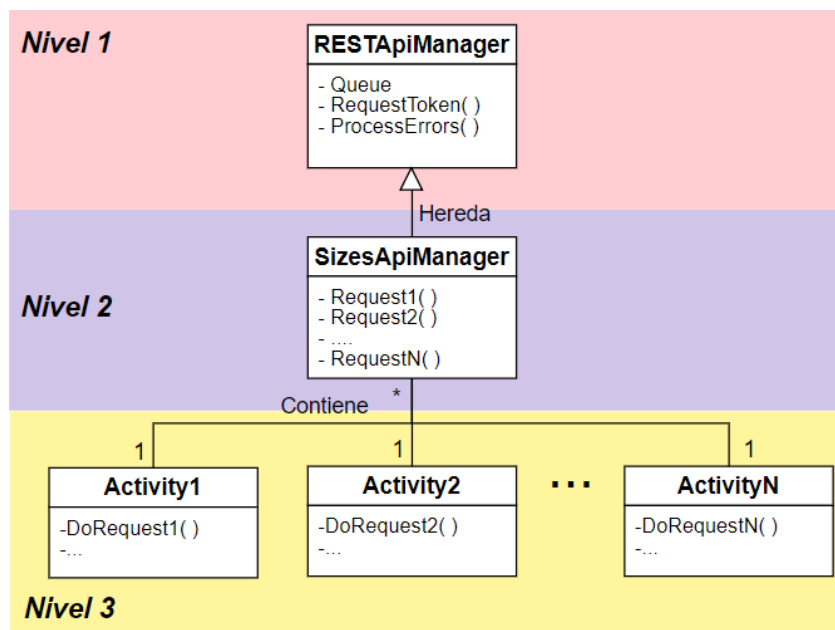


Figura 30: Estructura de la definición del cliente web.

## 4. Procedimientos de medición de pies

El objetivo de este bloque del entregable, el cual está directamente relacionado con la tarea *PT2.3* consiste en definir un procedimiento para obtener las medidas del pie a través del uso de dispositivos móviles. Partiendo de la información que puede proporcionar una imagen 2D del pie, y que ha sido obtenida a partir de la cámara fotográfica del dispositivo, se requiere poder calcular medidas tridimensionales de dicho pie. Para ello, se han especificado dos métodos: un primer método manual, mediante el cual se establecen marcadores visuales sobre la imagen que ayudan a interpretar la información geométrica. El segundo método está basado en técnicas de inteligencia artificial, más concretamente en el uso de aprendizaje profundo (conocido como *Deep Learning*), a través de redes neuronales.

### 4.1 Procedimiento manual

Este primer método, como se ha especificado en la introducción, se basa en la utilización de marcadores manuales mediante los cuales el usuario debe definir puntos característicos de la imagen que ayuden a extrapolar estas medidas al mundo real. En una primera instancia se ha planteado cuáles son las medidas características del pie que se deben intentar buscar, para lo cual se han establecido principalmente dos criterios: por una parte las medidas a obtener deben ser válidas para caracterizar la talla del pie, tanto en longitud, como si el fabricante lo requiere, en ancho. Por otra parte, debe tratarse de medidas longitudinales, ya que no es posible obtener medidas perimetrales a través de una fotografía en 2D. Como resultado, se ha llegado a la conclusión de que las medidas a obtener deben ser la longitud total del pie, y el ancho de la zona metatarsal, ya que éstas cumplen ambas premisas. En caso de que el procedimiento específico de búsqueda de talla lo requiera (éstos han sido definidos en el apartado 2.5 del presente documento), puede ser conveniente obtener la longitud del primer metatarso y/o largo de arco del pie. En los párrafos siguientes se especificará con detalle el procedimiento definido para obtener cada una de estas medidas.



Figura 31: Tamaño del folio de tipo A4.

Una vez definidas las características morfométricas a obtener, es necesario establecer un método general para calcular medidas tridimensionales a través de las fotografías. El primer aspecto a considerar es que se hace necesaria la inclusión de un elemento de referencia de dimensiones conocidas que ayude a extrapolar dichas medidas de la imagen al mundo real. Se ha determinado la utilización de un folio de tamaño a4, cuyas dimensiones son 297x210mm. debido principalmente a que éste es un elemento ciertamente popular y extendido, y prácticamente cualquier persona tiene a mano un folio de este tipo en cualquier momento. Además, en tamaño, es equiparable al de la superficie del pie, con lo cual en una foto bien encuadrada los dos elementos podrán ser visibles, y se caracterizará de manera adecuada la perspectiva de la fotografía, lo que puede resultar más complicado utilizando elementos más pequeños como puede ser un carnet.

- *Método basado en Homografía*

La imagen a tomar mediante el dispositivo móvil del pie, se basa en el modelo *Pin-hole*. En este modelo, basado en una única cámara, la vista se forma al proyectar puntos 3D al plano de la imagen, usando una transformación de la perspectiva. Dado que se conoce la posición de 4 puntos (esquinas del folio) en la imagen proyectada y en el mundo real (siempre en el plano Z=0), es posible calcular a través de ellos una relación conocida como *Homografía*, que posteriormente servirá para trasladar los puntos característicos del pie en la imagen al mundo real. Esta transformación se define de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} U_i \\ V_i \\ 1 \end{bmatrix} = H * \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

Donde i se corresponde con los índices de cada uno de los 4 puntos, H es una matriz de 3x3, [X,Y] es el punto de origen, y [U,V] son los de destino.

Si cada uno de los 4 puntos origen y destino son conocidos, se puede resolver el cálculo de H planteándolo como un sistema de ecuaciones. El sistema es el siguiente

$$\begin{array}{cccccccc|cccc} / & x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_0*u_0 & -y_0*v_0 & -u_0 & \backslash & /H00\ & /0\ \\ | & 0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 & -x_0*v_0 & -y_0*u_0 & -v_0 & | & |H01| & |0| \\ | & x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1*u_1 & -y_1*v_1 & -u_1 & | & |H02| & |0| \\ | & 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1*v_1 & -y_1*u_1 & -v_1 & | & |H10| & =|0| \\ | & x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2*u_2 & -y_2*v_2 & -u_2 & | & |H11| & |0| \\ | & 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2*v_2 & -y_2*u_2 & -v_2 & | & |H12| & |0| \\ | & x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3*u_3 & -y_3*v_3 & -u_3 & | & |H20| & |0| \\ \backslash & 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3*v_3 & -y_3*u_3 & -v_3 & / & |H21| & |0| \\ & & & & & & & & & & & \backslash H22 / & \backslash 0 / \end{array}$$

Donde [X,Y] son las coordenadas del punto de origen, [U,V] son las coordenadas de los puntos de destino, y Hij son las componentes de la matriz H, y suponen las incógnitas a resolver.

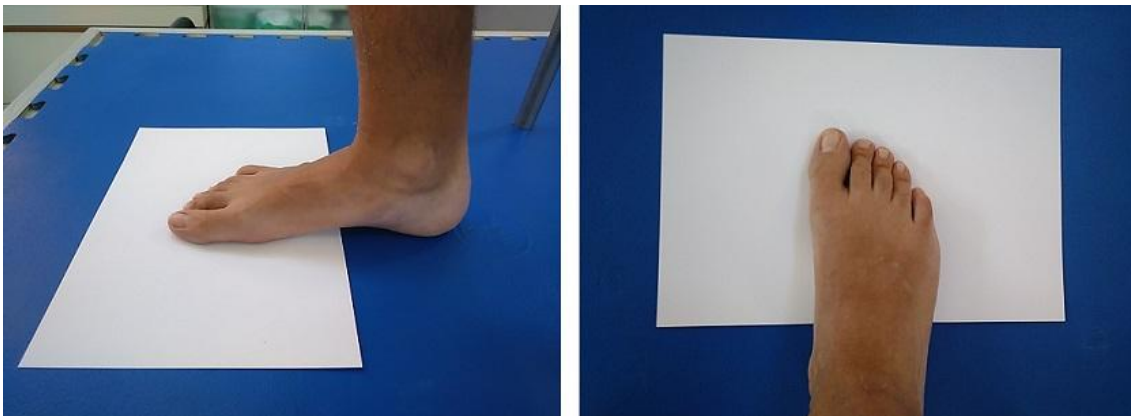
Una vez se cuenta con H, la transformación a calcular entre un punto de la proyección y el punto real (siempre en el suelo, o Z=0, como veremos más adelante), se puede modelar de la siguiente forma:

$$u_i = \frac{H00*x_i + H01*y_i + H02}{H20*x_i + H21*y_i + H22}$$

$$v_i = \frac{H10*x_i + H11*y_i + H12}{H20*x_i + H21*y_i + H22}$$

- *Fotografías a tomar*

Una vez definido el método para convertir puntos de la proyección de la imagen a puntos del mundo real, es necesario definir qué imágenes se van a tomar para hacer efectivo ese cálculo de medidas. Se ha decidido que la longitud se calculará a partir de una imagen lateral, donde el usuario definirá los puntos anterior y posterior del pie; mientras que el ancho se calculará mediante la toma de una imagen desde una perspectiva superior, y vendrá definido por la distancia en el eje horizontal entre los puntos más prominentes del metatarso.



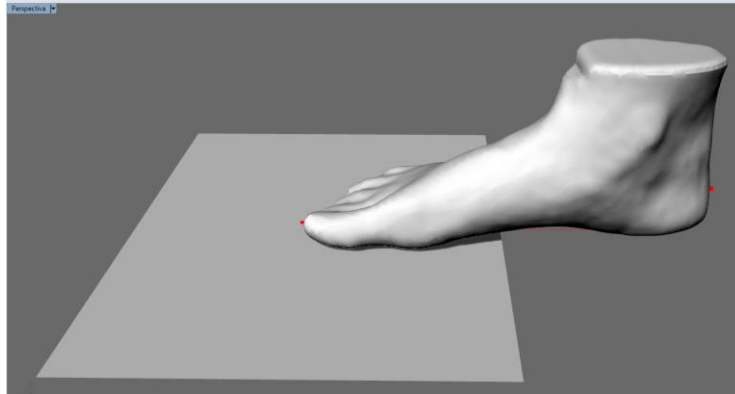
*Figura 32. Fotografías del pie sobre el folio desde una perspectiva lateral y una perspectiva superior.*

- *Limitaciones de la homografía*

Sin embargo, el método de la homografía tiene la limitación de que sólo es capaz de trabajar con puntos que se sitúen en el suelo, o en este caso, en el plano en el que se sitúa el folio, el cual consiste en el elemento de referencia. Se ha definido, en el punto anterior, que la longitud del pie se calculará por medio de obtener los puntos de talón y punta del pie, lo cuales se sitúan a una determinada altura. El problema planteado se ha modelado a través una aplicación de diseño 3D, utilizando el pie de la probadora de

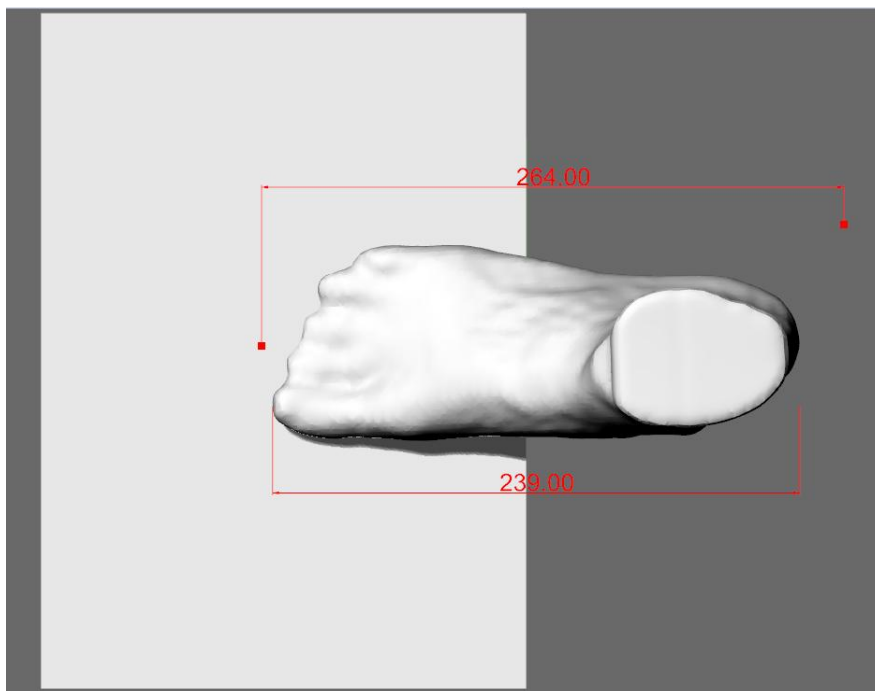


referencia que fue proporcionado por UNISA. En la *Figura 33*, se observa como en la imagen lateral se definen los característicos de talón y punta del pie.



*Figura 33. Los marcadores rojos indican los puntos de talón y punta del pie.*

Una vez se observa la ubicación real de estos puntos, se aprecia cómo éstos no se corresponden con la longitud real del pie, ya que son implícitamente proyectados contra al suelo. La posición de los puntos una vez aplicada la transformación de la perspectiva es visible en la *Figura 34*. La longitud real del pie de referencia es de 239mm., mientras que la distancia entre los dos puntos proyectados es de 264mm.



*Figura 34. Posición donde la homografía interpreta que se encuentran los puntos proyectados.*

Este problema ocurre porque el método basado en la homografía sólo trabaja con información bidimensional, y no es capaz de interpretar la posición correcta de puntos que se encuentren a una determinada altura sobre el folio o plano  $Z=0$ .

En relación al cálculo del ancho, este problema no tiene lugar porque la toma de la imagen desde una perspectiva superior lleva implícito que los puntos se posicionen en el plano  $Z=0$ , con lo cual no se producen ningún error significativo en la reproyección.

- *Haciendo uso de información 3D*

La solución del problema pasa por utilizar un método que sea capaz de utilizar e interpretar la información 3D en la imagen. En el siguiente ejemplo, se observa como utilizando un eje vertical en dirección  $Z$ , de la altura del punto de dedos y el punto del talón, y tomando como referencia el punto del inicio del eje en  $Z=0$ , es posible obtener de manera correcta la proyección del punto de talón.

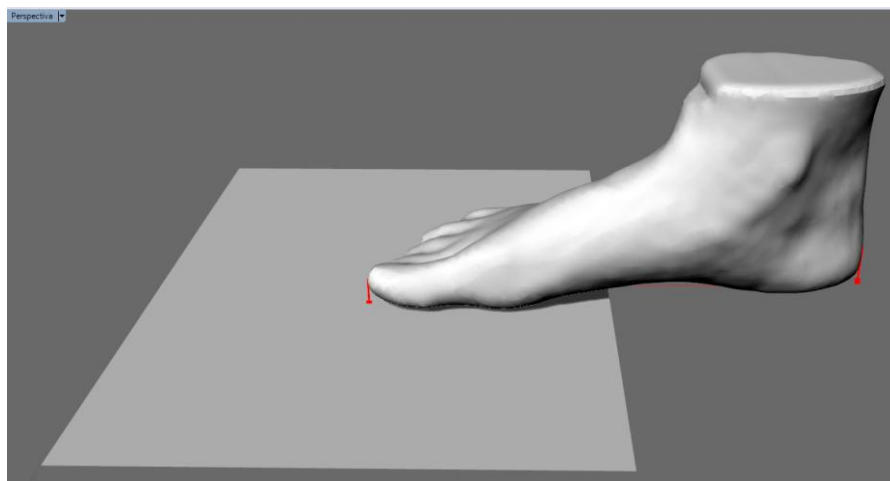


Figura 35. Si se utilizan vectores en el eje  $Z$  con la altura de los puntos de talón y dedos, es posible obtener los puntos correctos en el plano  $Z=0$ .

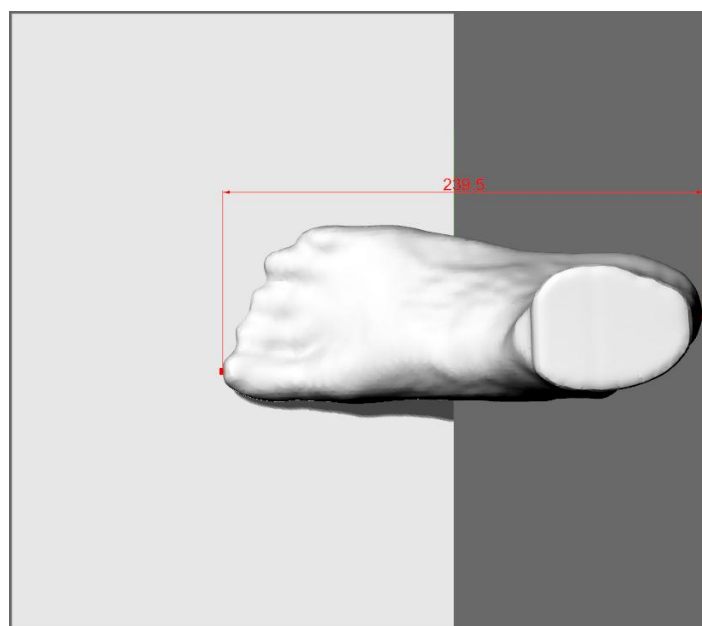


Figura 36. Las dimensiones obtenidas con este método coinciden con las reales.

La librería de visión *OpenCV* proporciona funciones que resultan de ayuda para implementar este comportamiento. La función *solvePnP* estima la pose de un determinado elemento a partir de las correspondencias de determinados puntos y sus proyecciones, además de la matriz de la cámara y sus coeficientes de distorsión. Con respecto a las correspondencias, se dispone como referencia de las posiciones de las esquinas del folio. Sin embargo, no se dispone de la matriz de la cámara y sus coeficientes de distorsión. Para obtener la matriz de cámara y los coeficientes de distorsión, los cuales se conocen como *parámetros intrínsecos* de un sistema de visión basado en *pin-hole*, es necesario efectuar la calibración de la cámara.

Aunque esto se puede llevar a cabo para un sistema en particular, la aplicación podrá instalarse de manera potencial en cualquier dispositivo, con lo cual resulta imposible contar con la cámara de cada dispositivo calibrada específicamente de antemano. Por ello, se ha establecido un método para calcular la matriz de la cámara en función de las características físicas de ésta (las cuales se pueden obtener mediante llamadas al sistema *Android*). Con respecto a la distorsión, ésta suele ser de tipo radial y sólo suele ser significativa cuando los puntos son próximos a las esquinas de la imagen. Por lo tanto se asumirá una distorsión nula en la cámara del sistema. La matriz de la cámara se estima de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} focalLength & 0 & imageWidth/2 \\ 0 & focalLength & imageHeight/2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$focalLength = imageHeight / 2 / \tan( (FOV * PI / 180) / 2 );$$

Donde *imageWidth* es la anchura de la imagen, *imageHeight* es la altura de la imagen, y *FOV* es la apertura focal del dispositivo.

Por último, se deben utilizar un par de vectores de unas dimensiones que coincidan en la mayor medida posible con las de la altura de talón y dedos del usuario del pie. En base a analizar las medidas de la base de datos de pies digitalizados con la que se ha trabajado a lo largo del proyecto, se ha determinado utilizar, para la altura del dedo, unos valores entre 20 y 23mm. en función de la longitud del pie. Para la altura de talón, se utilizan unos valores de entre 20 y 30mm.

## 4.2 Procedimiento automático mediante Deep Learning

Por otra parte, se ha definido un método (esta vez para obtener únicamente la longitud del pie) basado en redes neuronales convolucionales. Éste es un subtipo de la red basada en *Perceptrón Multicapa*. Debido a que en ellas la información se agrupa en matrices bidimensionales, son adecuadas para su aplicación en visión artificial, como es la tarea que se busca desarrollar.

Las redes neuronales se basan en aprendizaje computacional: son capaces de aprender (lo que se conoce como *entrenamiento*) a través de una serie de casos particulares conocidos, de manera que a partir de ellos son capaces de crear generalizaciones mediante las cuales es posible interpretar correctamente cualquier otro caso que no ha sido usado en el entrenamiento. Por ello, resulta de gran importancia que se proporcionen suficientes casos de entrada, y que sean suficientemente diversos. En caso contrario, se puede producir el *overfitting*, por el cual, el algoritmo de aprendizaje queda ajustado a unas características muy determinadas de los datos o imágenes de entrenamiento, y que pueden no tener relación con el resultado que se busca conseguir. La obtención y preparación del conjunto de datos de entrada es, por tanto, de vital importancia para el correcto funcionamiento del sistema. Se han establecido 2 *datasets* de fotografías: uno para entrenamiento y otro para pruebas:

### a) *Dataset1 (entrenamiento)*:

Para el *dataset* de entrenamiento, se han seleccionado un total de 26 personas y 4 suelos distintos, los cuales son:

- *Suelo1*: plástico azul
- *Suelo2*: piel negra con reflejos.
- *Suelo3*: parquet color crudo
- *Suelo4*: plástico negro

Se ha determinado que el *dataset* debe consistir en dos fotografías por pie y suelo para cada uno de los sujetos seleccionados. Esto supone un total de  $26 \text{ personas} * 2 \text{ pies} = 52$  pies con 52 longitudes de entrada distintas. El número de fotografías de entrada diferentes es por tanto de  $52 \text{ pies} * 4 \text{ suelos} * 2 \text{ fotos} = 416$  fotos.

El *data augmentation* es una técnica que consiste en aumentar la cantidad de datos de entrada gracias a replicar cada una de las imágenes de entrada aplicándoles una serie de transformaciones. Estas transformaciones pueden consistir en rotación, zoom, sesgo, etc. Debido a que el número de fotografías de entrada es muy bajo, se ha determinado aplicar un algoritmo de *data augmentation*, utilizando los siguientes parámetros:

- Rotación  $\pm 5^\circ$  80% de los casos.
- Skew del 10% en el 5% de los casos.
- Crop 95% del área total en el 60% de los casos.
- Zoom Máx. 115% en el 50% de los casos.

De aplicar el *data augmentation* se obtiene un *dataset* final de entrenamiento de 10.000 fotografías, aunque como medidas de entrada para realizar el entrenamiento, permanecen las mismas de los 52 pies originales. Con respecto a los pies izquierdos, se les ha aplicado un mirroring horizontal de tal forma que este factor no afecte al entrenamiento ni al resultado, ya que todos los pies se procesan como si de pies derechos se tratase.

*b) Dataset2 (pruebas):*

Con el objetivo de detectar si puede existir *overfitting*, se ha decidido construir un segundo *dataset* de pruebas a partir de fotos de pies de individuos que no han sido utilizadas en el entrenamiento. Para ello, se han seleccionado otras 8 personas ajenas al primer *dataset* y se han determinado otros dos suelos distintos, de los cuales uno de ellos se utiliza en la toma de fotografías para entrenamiento y el otro no. Estos suelos son:

- *Suelo3*: parquet color crudo.
- *Suelo5*: parquet color marrón claro.

Al igual que en el primer *dataset*, se ha determinado tomar 2 fotos por cada pie y suelo, constituyendo un total de 16 pies con 16 longitudes de entrada distintas, y  $16\text{pies} \times 2\text{suelos} \times 2\text{fotos} = 64$  fotos. Como este segundo conjunto de imágenes va a dedicarse exclusivamente a pruebas, no va a aplicarse *data augmentation* sobre él.

*c) Red neuronal:*

Se ha definido una red neuronal que por su estructura, debe ser capaz de resolver el problema de la medición de pies a partir de las imágenes de entrada. Una de las capas de esta red, consiste en la red neuronal *Inception-v3*, la cual consiste en una red neuronal convolucional pre-definida, la cual ha dado grandes resultados en tareas de reconocimiento de imágenes.

La estructura de la red neuronal definida es la siguiente:

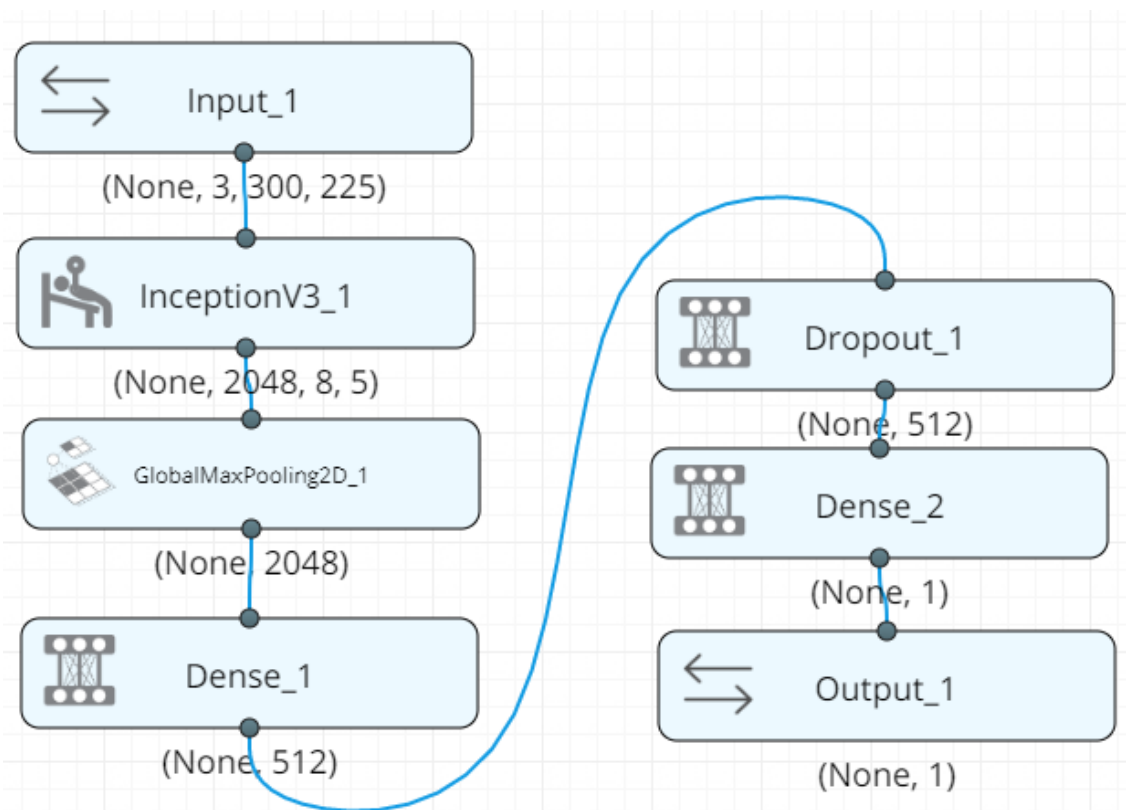


Figura 37. Red neuronal definida para la medición de pies de forma automatizada.

1. **Entrada:** imagen escalada a 300x225px.
2. **InceptionV3:** La capa que contiene la red neuronal convolucional *Inception*. Los pesos de la red deben estar sin inicializar, ya que por defecto están concebidos para clasificación de imágenes.
3. **MaxPooling2D:** Las capas de *pooling* hacen una simplificación de la información recogida por la capa *convolucional* y crean una versión condensada de la información contenida en ésta.
4. **Dense:** Capa característica del *perceptrón multicapa*. En este caso se cuenta con 2048 entradas, 512 salidas y función de activación *Relu*.
5. **Dropout:** Desconecta un porcentaje de las neuronas en cada iteración del entrenamiento. Ayuda a prevenir el *overfitting* gracias a evitar que a cada capa le llegue siempre el mismo patrón. En este caso, se le va a desconectar el 50% de las neuronas.
6. **Dense.** Una única salida y activación *linear* para obtener una regresión de salida.
7. **Salida.**

#### d) *Hiperparámetros*:

Los *hiperparámetros* son una serie de parámetros que condicionan cómo se va a organizar y realizar el entrenamiento. Es habitual partir de una serie de valores base, e ir modificándolos con el objetivo de intentar mejorar los resultados que proporciona la red. Los *hiperparámetros* que fueron seleccionados como punto de partida para los sucesivos entrenamientos son:

- **Núm epoch: 50.** Con los *epochs* se indica el número de veces que se usarán todos los datos en el proceso de aprendizaje. Se debe incrementar el número de *epochs* hasta que el *accuracy* de validación empiece a decrecer.
- **Batch size: 32.** Indica el número de datos que se usarán para cada actualización de los pesos del modelo.
- **Función de pérdida: MSE.** La función de pérdida sirve para evaluar el grado de error entre salidas calculadas y las salidas deseadas de los datos de entrenamiento.
- **Optimizador: Adadelta.** El optimizador que es la forma que se tiene de especificar el algoritmo de optimización que permite a la red neuronal calcular los pesos de los parámetros a partir de los datos de entrada y de la función de *loss* definida. Tipo de optimizador para hacer el *backpropagation* y actualizar pesos en la red.

Mediante la relación de parámetros definidos, tanto a nivel de datos de entrada, de estructura, y de *hiperparámetros*, será implementada, entrenada y testada la red neuronal.

## Anexos

### a) Tabla de longitud total / largo de arco y primer metatarso

NOMBRE	PIE	LARGO DEDOS	LARGO ARCO	LONG. 1er META.	RELACION LARGO-LAL	DESVIACIÓN LARGO-LAL	RELACION LARGO-1ML	DESVIACION LARGO-1ML
UNI_JULIA	PI	239,07	174,10	186,93	72,82%	-5,79%	78,19%	-5,79%
	PD	239,00	168,21	178,15	70,38%	-2,24%	74,54%	-0,85%
GL_001	PI	281,56	187,77	203,51	66,69%	3,12%	72,28%	2,21%
	PD	278,98	185,77	198,68	66,59%	3,27%	71,22%	3,64%
GL_002	PI	251,88	172,62	186,15	68,53%	0,44%	73,90%	0,01%
	PD	249,80	170,93	179,62	68,43%	0,60%	71,91%	2,71%
GL_003	PI	264,98	175,54	189,78	66,25%	3,76%	71,62%	3,10%
	PD	268,01	180,86	197,49	67,48%	1,97%	73,69%	0,30%
GL_004	PI	288,14	190,26	203,76	66,03%	4,08%	70,72%	4,32%
	PD	286,22	194,25	205,74	67,87%	1,41%	71,88%	2,74%
GL_005	PI	263,01	182,49	197,61	69,39%	-0,80%	75,13%	-1,66%
	PD	261,52	174,82	188,49	66,85%	2,89%	72,07%	2,48%
GL_006	PI	260,37	187,79	207,80	72,12%	-4,78%	79,81%	-7,98%
	PD	252,30	180,57	200,53	71,57%	-3,97%	79,48%	-7,54%
GL_007	PI	270,69	186,69	200,57	68,97%	-0,19%	74,10%	-0,25%
	PD	270,12	183,86	197,59	68,07%	1,12%	73,15%	1,03%
GL_008	PI	253,21	175,06	191,38	69,14%	-0,43%	75,58%	-2,26%
	PD	251,61	170,82	187,77	67,89%	1,37%	74,63%	-0,97%
GL_009	PI	287,18	198,19	212,33	69,01%	-0,25%	73,94%	-0,04%
	PD	287,10	198,52	206,94	69,15%	-0,45%	72,08%	2,48%
GL_010	PI	252,96	179,35	202,20	70,90%	-3,00%	79,93%	-8,15%
	PD	250,76	161,63	185,35	64,46%	6,36%	73,92%	-0,01%
GL_011	PI	260,90	184,93	207,72	70,88%	-2,97%	79,62%	-7,72%
	PD	257,06	176,61	189,08	68,70%	0,19%	73,55%	0,48%
GL_012	PI	270,37	187,97	201,53	69,52%	-1,00%	74,54%	-0,85%
	PD	273,34	194,13	217,46	71,02%	-3,17%	79,56%	-7,64%
GL_013	PI	266,82	180,02	194,66	67,47%	1,99%	72,96%	1,29%
	PD	264,15	181,29	194,09	68,63%	0,30%	73,48%	0,59%
GL_014	PI	278,06	189,91	204,78	68,30%	0,78%	73,65%	0,36%
	PD	280,36	194,14	210,17	69,25%	-0,59%	74,96%	-1,43%
GL_015	PI	269,92	186,31	199,64	69,02%	-0,27%	73,96%	-0,07%
	PD	275,02	196,61	219,91	71,49%	-3,85%	79,96%	-8,19%
GL_016	PI	245,45	166,42	182,35	67,80%	1,50%	74,29%	-0,52%
	PD	249,11	169,10	180,72	67,88%	1,39%	72,55%	1,85%
GL_017	PI	257,02	168,40	183,35	65,52%	4,82%	71,34%	3,48%
	PD	259,89	176,25	195,05	67,82%	1,48%	75,05%	-1,54%
GL_018	PI	267,56	183,81	200,87	68,70%	0,20%	75,07%	-1,58%
	PD	274,80	184,97	200,84	67,31%	2,22%	73,09%	1,12%
GL_019	PI	266,77	185,99	199,37	69,72%	-1,28%	74,73%	-1,12%
	PD	266,01	184,79	198,31	69,47%	-0,92%	74,55%	-0,87%
GL_020	PI	268,86	182,77	196,72	67,98%	1,25%	73,17%	1,00%
	PD	274,47	186,79	173,00	68,05%	1,14%	63,03%	14,72%
GL_021	PI	258,60	177,48	205,50	68,63%	0,30%	79,47%	-7,52%
	PD	264,75	189,38	211,35	71,53%	-3,91%	79,83%	-8,01%
GL_022	PI	265,06	173,15	187,36	65,32%	5,10%	70,69%	4,36%
	PD	263,21	178,83	191,55	67,94%	1,30%	72,77%	1,54%
GL_023	PI	276,65	192,78	205,99	69,68%	-1,23%	74,46%	-0,74%
	PD	277,88	192,87	204,65	69,41%	-0,83%	73,65%	0,36%
GL_024	PI	254,78	181,77	190,84	71,34%	-3,64%	74,90%	-1,34%
	PD	252,88	179,74	190,37	71,08%	-3,25%	75,28%	-1,85%
GL_025	PI	299,20	204,17	225,80	68,24%	0,87%	75,47%	-2,11%
	PD	290,82	204,58	216,91	70,35%	-2,19%	74,59%	-0,91%
GL_026	PI	268,96	186,80	199,08	69,45%	-0,89%	74,02%	-0,15%
	PD	273,44	191,14	206,05	69,90%	-1,55%	75,35%	-1,95%



GL_027	PI	270,57	200,21	196,40	74,00%	-7,49%	72,59%	1,79%
	PD	264,76	179,29	192,20	67,72%	1,63%	72,59%	1,78%
GL_028	PI	271,35	179,17	193,15	66,03%	4,08%	71,18%	3,69%
	PD	271,68	185,04	203,37	68,11%	1,06%	74,86%	-1,28%
GL_029	PI	274,16	154,74	137,86	56,44%	18,01%	50,28%	31,97%
	PD	269,30	180,41	188,80	66,99%	2,68%	70,11%	5,14%
GL_030	PI	239,63	160,83	176,06	67,12%	2,50%	73,47%	0,59%
	PD	241,44	170,53	191,87	70,63%	-2,60%	79,47%	-7,52%
GL_031	PI	245,57	172,80	156,31	70,37%	-2,22%	63,65%	13,88%
	PD	241,79	173,08	186,32	71,58%	-3,99%	77,06%	-4,26%
GL_032	PI	264,24	184,74	196,68	69,91%	-1,56%	74,43%	-0,71%
	PD	260,99	195,53	192,98	74,92%	-8,83%	73,94%	-0,04%
GL_033	PI	270,52	182,92	196,24	67,62%	1,77%	72,54%	1,85%
	PD	265,86	190,39	212,25	71,61%	-4,03%	79,84%	-8,02%
GL_034	PI	261,54	181,56	193,46	69,42%	-0,85%	73,97%	-0,08%
	PD	257,74	183,08	194,87	71,03%	-3,19%	75,61%	-2,30%
GL_035	PI	277,26	184,63	203,78	66,59%	3,26%	73,50%	0,56%
	PD	271,72	195,33	217,23	71,89%	-4,43%	79,95%	-8,17%
GL_036	PI	255,56	175,27	190,53	68,58%	0,37%	74,55%	-0,87%
	PD	238,67	166,33	172,69	69,69%	-1,24%	72,36%	2,10%
GL_037	PI	258,21	183,09	187,48	70,91%	-3,01%	72,61%	1,76%
	PD	261,38	178,94	187,45	68,46%	0,55%	71,72%	2,97%
GL_038	PI	268,82	182,59	194,53	67,92%	1,33%	72,36%	2,09%
	PD	268,36	198,02	200,00	73,79%	-7,19%	74,53%	-0,83%
GL_039	PI	264,52	193,04	210,74	72,98%	-6,01%	79,67%	-7,79%
	PD	268,30	198,48	198,78	73,98%	-7,47%	74,09%	-0,24%
GL_040	PI	249,74	165,74	198,80	66,37%	3,59%	79,60%	-7,70%
	PD	244,11	169,79	184,22	69,55%	-1,04%	75,47%	-2,10%
GL_041	PI	269,53	181,11	197,96	67,19%	2,39%	73,45%	0,63%
	PD	268,04	185,89	199,76	69,35%	-0,75%	74,53%	-0,83%
GL_042	PI	275,24	194,62	218,93	70,71%	-2,72%	79,54%	-7,62%
	PD	272,86	185,08	192,10	67,83%	1,46%	70,40%	4,75%
GL_043	PI	273,80	188,89	200,83	68,99%	-0,22%	73,35%	0,76%
	PD	279,92	190,60	204,36	68,09%	1,08%	73,01%	1,22%
GL_044	PI	271,01	183,08	196,64	67,55%	1,86%	72,56%	1,83%
	PD	263,15	179,77	190,46	68,31%	0,76%	72,38%	2,07%
GL_045	PI	263,21	178,22	191,04	67,71%	1,64%	72,58%	1,80%
	PD	263,81	179,76	195,58	68,14%	1,01%	74,14%	-0,31%
GL_046	PI	268,31	181,63	196,17	67,69%	1,66%	73,11%	1,08%
	PD	271,88	184,32	198,15	67,79%	1,51%	72,88%	1,39%
GL_047	PI	254,30	174,59	188,71	68,66%	0,26%	74,21%	-0,40%
	PD	258,93	176,80	190,39	68,28%	0,81%	73,53%	0,52%
GL_048	PI	261,21	178,75	192,47	68,43%	0,59%	73,68%	0,31%
	PD	259,55	177,08	191,23	68,23%	0,89%	73,68%	0,31%
GL_049	PI	272,95	183,04	197,80	67,06%	2,58%	72,47%	1,95%
	PD	270,61	180,36	194,92	66,65%	3,18%	72,03%	2,54%
GL_050	PI	266,85	180,05	192,51	67,47%	1,98%	72,14%	2,39%
	PD	265,81	178,24	191,02	67,06%	2,59%	71,86%	2,77%

## b) Tabla de relación entre ancho y perímetro metatarsal

NOMBRE	PIE	ANCHO	BALL ANATOMICO	RELACION ANCHO-BALL ANAT.	DESVIACION ANCHO-BALL ANAT.
UNI_JULIA	PI	87,49	216,68	247,66%	1,77%
	PD	88,77	220,43	248,32%	1,51%
GL_001	PI	103,94	266,38	256,28%	-1,65%
	PD	104,92	263,36	251,01%	0,44%
GL_002	PI	98,06	244,18	249,01%	1,24%
	PD	100,38	244,11	243,19%	3,55%
GL_003	PI	107,18	270,30	252,19%	-0,02%
	PD	105,25	264,68	251,48%	0,26%
GL_004	PI	100,25	254,75	254,11%	-0,79%
	PD	103,25	256,43	248,36%	1,50%
GL_005	PI	99,92	252,68	252,88%	-0,30%
	PD	101,04	253,16	250,55%	0,63%
GL_006	PI	102,05	261,78	256,52%	-1,74%
	PD	102,72	265,34	258,31%	-2,45%
GL_007	PI	94,38	236,81	250,91%	0,48%
	PD	93,12	235,13	252,50%	-0,15%
GL_008	PI	90,97	232,18	255,23%	-1,23%
	PD	92,63	237,72	256,63%	-1,79%
GL_009	PI	102,39	258,11	252,09%	0,02%
	PD	104,10	258,42	248,24%	1,54%
GL_010	PI	94,72	245,84	259,54%	-2,94%
	PD	95,60	255,62	267,38%	-6,05%
GL_011	PI	96,45	254,40	263,76%	-4,61%
	PD	96,05	248,06	258,26%	-2,43%
GL_012	PI	100,74	254,59	252,72%	-0,23%
	PD	104,63	267,52	255,68%	-1,41%
GL_013	PI	100,51	253,50	252,21%	-0,03%
	PD	100,34	248,91	248,07%	1,61%
GL_014	PI	99,23	253,14	255,10%	-1,18%
	PD	99,97	249,24	249,31%	1,12%
GL_015	PI	91,56	234,35	255,95%	-1,52%
	PD	91,75	238,37	259,80%	-3,04%
GL_016	PI	103,64	262,62	253,40%	-0,50%
	PD	103,73	254,84	245,68%	2,56%
GL_017	PI	99,46	248,37	249,72%	0,96%
	PD	98,76	247,39	250,50%	0,65%
GL_018	PI	98,99	254,18	256,77%	-1,84%
	PD	95,66	241,13	252,07%	0,02%
GL_019	PI	105,96	262,84	248,06%	1,62%
	PD	103,18	255,97	248,08%	1,61%
GL_020	PI	104,03	263,13	252,94%	-0,32%
	PD	101,59	255,16	251,17%	0,38%
GL_021	PI	99,54	267,79	269,03%	-6,70%
	PD	100,10	252,75	252,50%	-0,15%
GL_022	PI	102,32	260,78	254,87%	-1,09%
	PD	102,98	256,18	248,77%	1,33%
GL_023	PI	99,04	251,60	254,04%	-0,76%
	PD	97,49	246,24	252,58%	-0,18%
GL_024	PI	96,74	236,17	244,13%	3,17%
	PD	97,34	240,82	247,40%	1,88%
GL_025	PI	108,80	272,72	250,66%	0,58%
	PD	107,38	259,26	241,44%	4,24%
GL_026	PI	100,76	252,25	250,35%	0,71%
	PD	101,11	253,20	250,42%	0,68%
GL_027	PI	95,43	230,11	241,13%	4,36%
	PD	95,52	239,43	250,66%	0,58%
GL_028	PI	90,79	233,33	257,00%	-1,93%

	PD	89,84	233,27	259,65%	-2,98%
GL_029	PI	98,41	264,00	268,27%	-6,40%
	PD	98,65	246,77	250,15%	0,79%
GL_030	PI	95,02	243,69	256,46%	-1,72%
	PD	97,92	250,03	255,34%	-1,27%
GL_031	PI	100,27	249,86	249,19%	1,17%
	PD	94,10	233,40	248,03%	1,62%
GL_032	PI	90,15	227,54	252,40%	-0,11%
	PD	89,63	224,42	250,38%	0,69%
GL_033	PI	105,37	266,10	252,54%	-0,16%
	PD	102,95	258,55	251,14%	0,39%
GL_034	PI	101,34	250,87	247,55%	1,82%
	PD	101,20	248,02	245,08%	2,80%
GL_035	PI	107,87	275,64	255,53%	-1,35%
	PD	107,39	267,99	249,55%	1,02%
GL_036	PI	99,14	247,40	249,55%	1,02%
	PD	102,36	248,20	242,48%	3,83%
GL_037	PI	101,15	239,50	236,78%	6,09%
	PD	103,51	249,65	241,18%	4,34%
GL_038	PI	103,85	259,50	249,88%	0,89%
	PD	104,67	254,21	242,87%	3,67%
GL_039	PI	99,18	247,16	249,20%	1,16%
	PD	96,47	235,39	244,00%	3,22%
GL_040	PI	106,07	291,29	274,62%	-8,92%
	PD	90,71	231,22	254,90%	-1,10%
GL_041	PI	95,62	244,86	256,08%	-1,57%
	PD	96,24	242,40	251,87%	0,10%
GL_042	PI	101,39	264,35	260,73%	-3,41%
	PD	98,68	249,29	252,62%	-0,20%
GL_043	PI	101,54	250,32	246,52%	2,22%
	PD	103,79	253,80	244,53%	3,01%
GL_044	PI	99,75	255,24	255,88%	-1,49%
	PD	103,07	255,25	247,65%	1,78%
GL_045	PI	97,24	249,23	256,30%	-1,66%
	PD	96,30	247,36	256,86%	-1,88%
GL_046	PI	91,84	236,47	257,48%	-2,12%
	PD	97,60	243,69	249,68%	0,97%
GL_047	PI	93,12	238,05	255,64%	-1,39%
	PD	91,07	232,18	254,95%	-1,12%
GL_048	PI	102,68	255,32	248,66%	1,38%
	PD	98,43	246,87	250,81%	0,52%
GL_049	PI	98,82	250,73	253,72%	-0,63%
	PD	97,10	245,98	253,33%	-0,47%
GL_050	PI	99,22	246,22	248,16%	1,58%
	PD	95,52	241,14	252,45%	-0,13%