

# **SISTEMA DE MONITORIZACIÓN WEB DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR MEDIANTE EL USO DEL PROTOCOLO BLUETOOTH 4.0 DE BAJA ENERGÍA**

**Realizado por: Raúl Gómez Acuña  
Dirigido por: Álvaro Durán Martínez**

Ingeniería de Comunicaciones - UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
Málaga, 22 de Octubre de 2015

# Índice de contenidos

- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

# Índice de contenidos

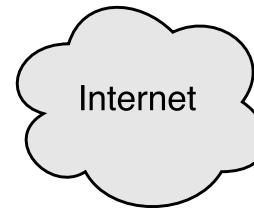
- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

# Introducción y Visión General

## Aplicación Android

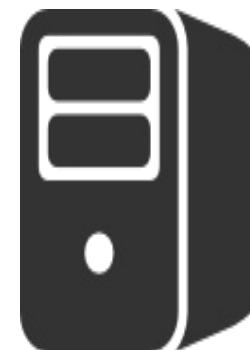


HTTP POST  
HTTP POST  
Respuesta HTTP



HTTP POST  
HTTP POST  
Respuesta HTTP

## Servidor Web



Base de datos



Sistema de notificaciones

Bluetooth®  
SMART



Sensor de ritmo  
cardíaco BLE

Web  
Socket



Navegador Web

## Motivación:

- Auge de la salud móvil
- Sensores BLE comerciales de bajo coste
- Revolución en el ámbito web
- NodeJS

# Índice de contenidos

- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

# Bluetooth

# Origen y Objetivos

## Origen

- 1994, Ericsson inicia investigación
- 1998, se crea el SIG

## Objetivos

- Reemplazar el cableado por enlaces radio
- Chip de bajo consumo y coste

# Especificaciones Técnicas

- Canal de comunicación de 720 kbps
- BW 2.4 - 2.48 GHz
- Saltos en frecuencia
- Duplexación por División en el Tiempo (TDD)
- Clases 1,2 y 3 en función de la Ptx y alcance
- Comutación de circuitos y paquetes

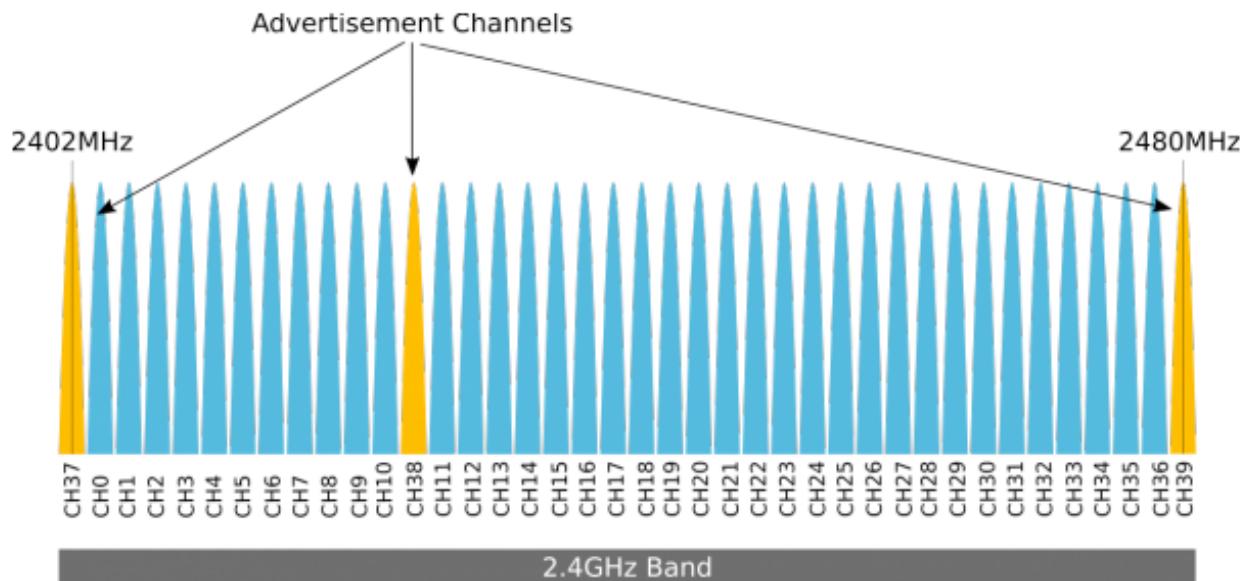
## Comparación con otros protocolos:

	<b>BLE</b>	<b>Wi-Fi</b>	<b>Zigbee</b>
<b>Banda de Frecuencia</b>	2.4 GHz	2.4 GHz / 5 GHz	2.4 GHz
<b>Modulación</b>	GFSK	OFDM, DSSS	DSSS
<b>Rango</b>	<100m	<300m	<100m Punto a Punto
<b>Topología de Red</b>	Scatternet	Star	Mesh
<b>Velocidad</b>	1 Mbps	11 Mbps, 54 Mbps 150 Mbps+	250 kbps
<b>Corriente Pico</b>	<15 mA	60 mA Rx 200 mA Tx	19mA Rx 35mA Tx
<b>Corriente en Espera</b>	<2 $\mu$ A	<100 $\mu$ A	5 $\mu$ A

# Bluetooth 4.0 modo baja energía

## Capa física:

- 40 canales, 3 de publicidad y 37 de datos



## Modos de funcionamiento:

- **Espera**: dispositivo “dormido”
- **Publicidad**: modo principal del dispositivo periférico
- **Escaneo**: modo principal del dispositivo central
- **Iniciador**: Transmisión de datos

# Android

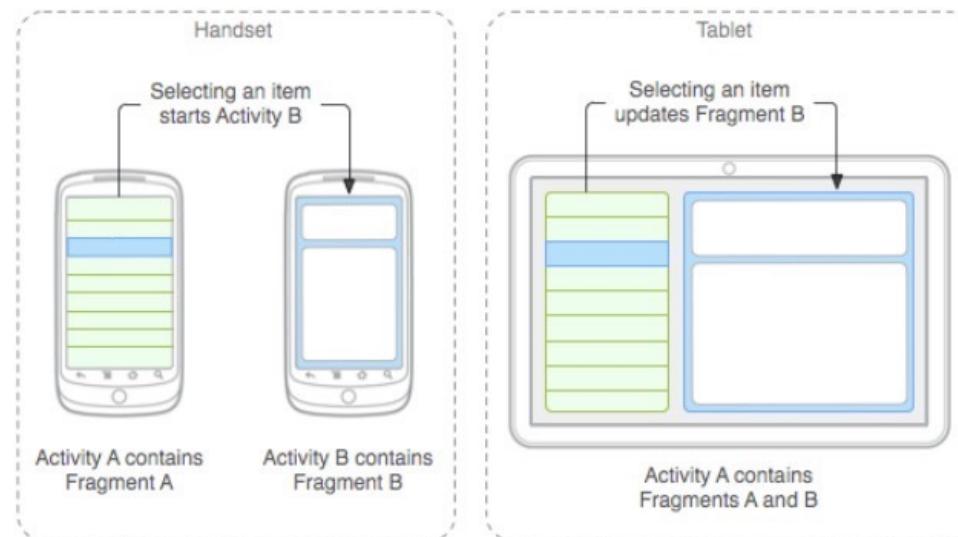
# Android

- Sistema operativo de código abierto
- Basado en el núcleo de linux
- Inicialmente para teléfonos móviles inteligentes
- Desarrollado por Google
- Programado en Java



# Android: Componentes de una aplicación

- Actividades: interacción con el usuario
- Fragmentos: dividen actividades en componentes reutilizables



- Servicios: procesos en segundo plano

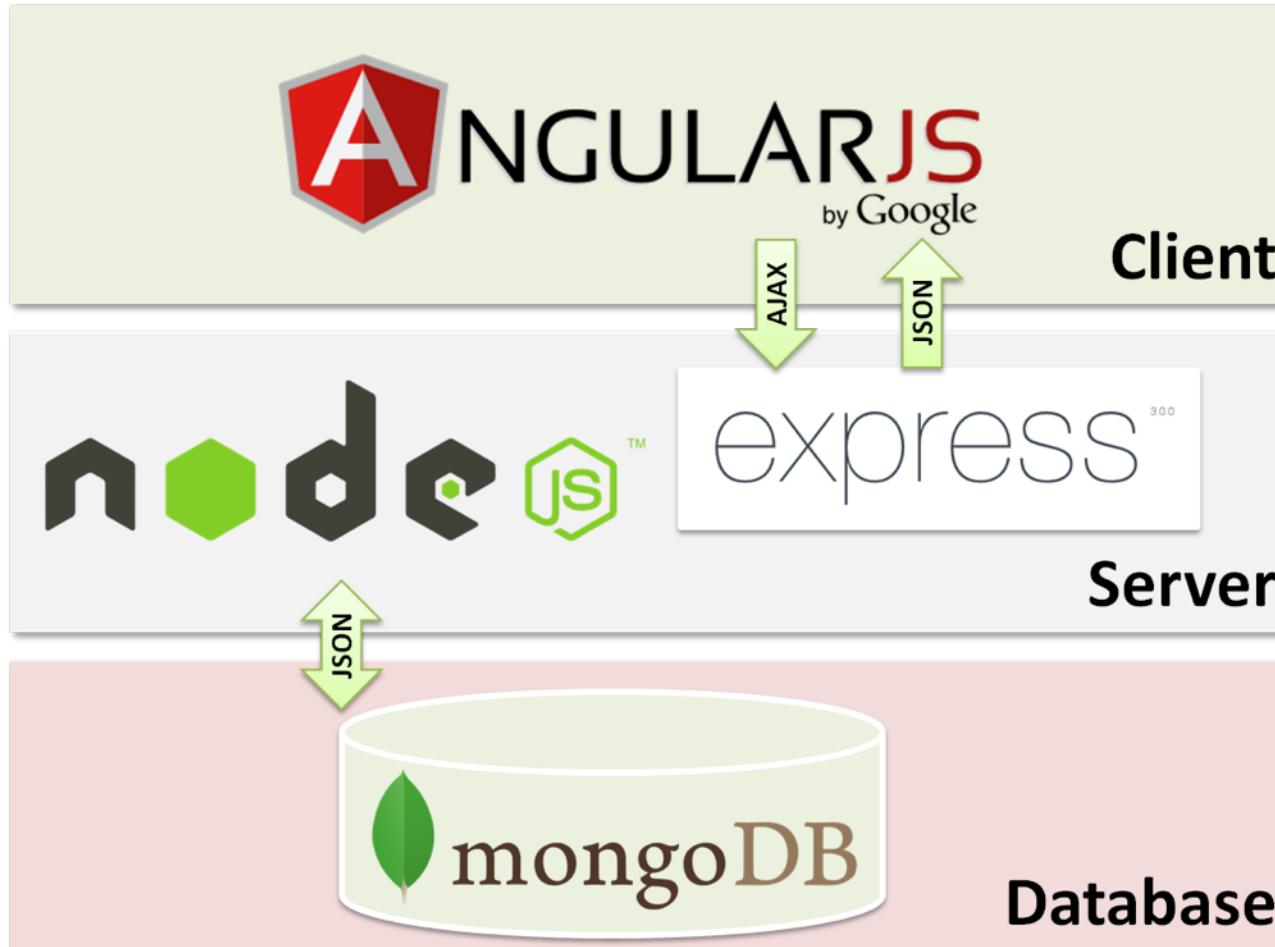
# Web

# MEAN vs LAMP

	LAMP /XAMPP	MEAN
<b>Sistema Operativo</b>	Linux, Windows, Mac OS X, etc...	Linux, Windows, Mac OS X, etc...
<b>Servidor HTTP</b>	Apache	Node.js
<b>Base de Datos</b>	MySQL	MongoDB
<b>Web Framework</b>	PHP	Express
<b>Frontend Framework</b>	-	AngularJS

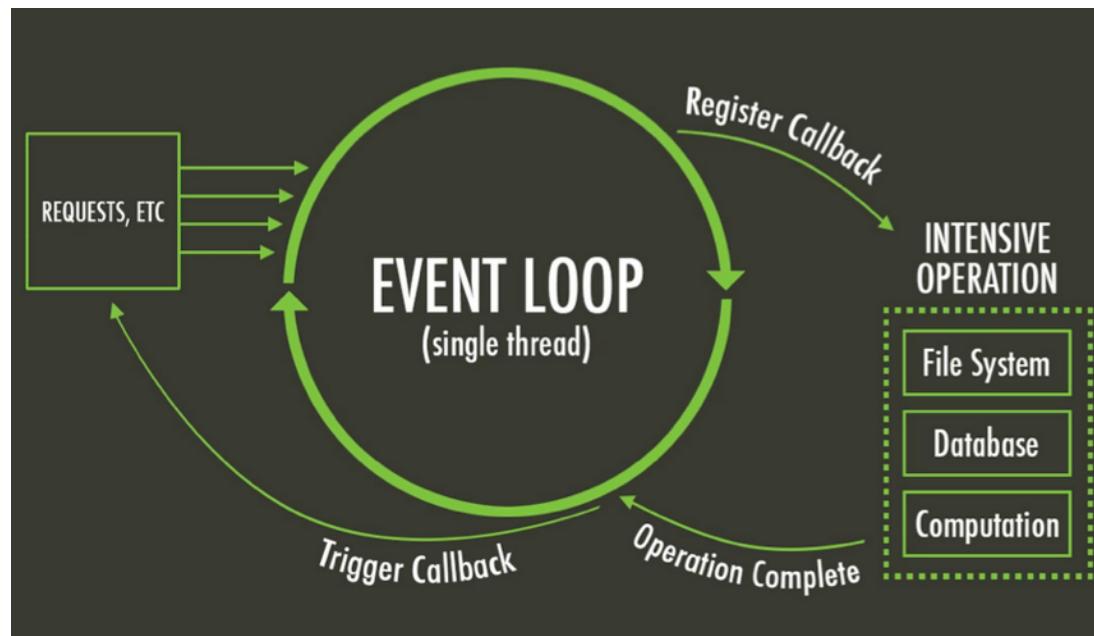
	LAMP	MEAN
<b>Base</b>	Bash	Javascript
<b>Servidor HTTP</b>	Apache Config	Javascript
<b>Base de Datos</b>	SQL	Javascript
<b>Lenguaje de Programación</b>	PHP	Javascript

# Pila de tecnologías MEAN



```
{  
  hey: "guy",  
  anumber: 243,  
  - anobject: {  
    whoa: "nuts",  
    - anarray: [  
      1,  
      2,  
      "thr<h1>ee"  
    ],  
    more: "stuff"  
  },  
  awesome: true,  
  bogus: false,  
  meaning: null,  
  japanese: "明日がある。",  
  link: http://jsonview.com,  
  notLink: "http://jsonview.com is great"  
}
```

- Intérprete JavaScript del lado del servidor
- Programación orientada a eventos
- **NPM**: Organización del código en módulos



# Pulsómetro comercial

- Modelo Sigma R1 Blue Comfortex +
- Precisión de electrocardiograma
- Compatible con Android y iOS



# Índice de contenidos

- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

# Requisitos y diseño de la interfaz gráfica

# Requisitos funcionales y no funcionales

## Aplicación Android:

- Capacidad de detección, conexión e intercambio de datos con sensores BLE
- Geolocalización y comunicación HTTP con servidor

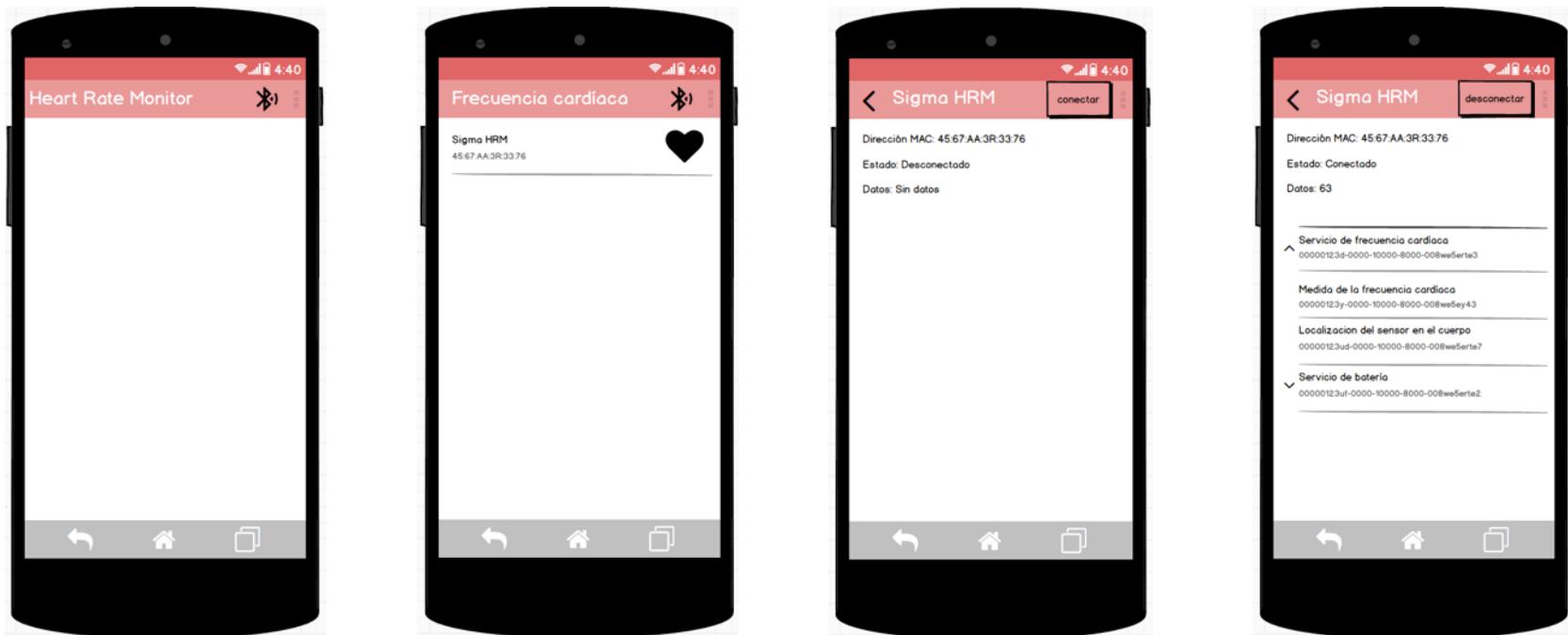
## Aplicación Web:

- Monitorización, DB, notificaciones y localización

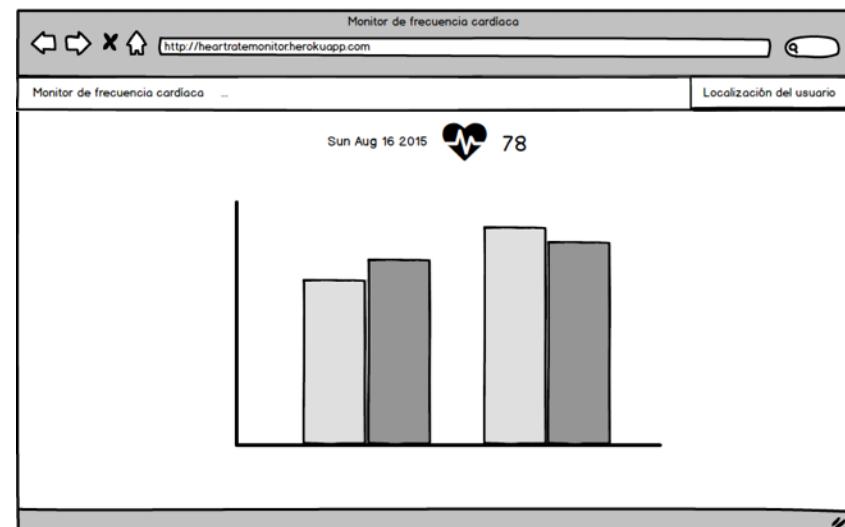
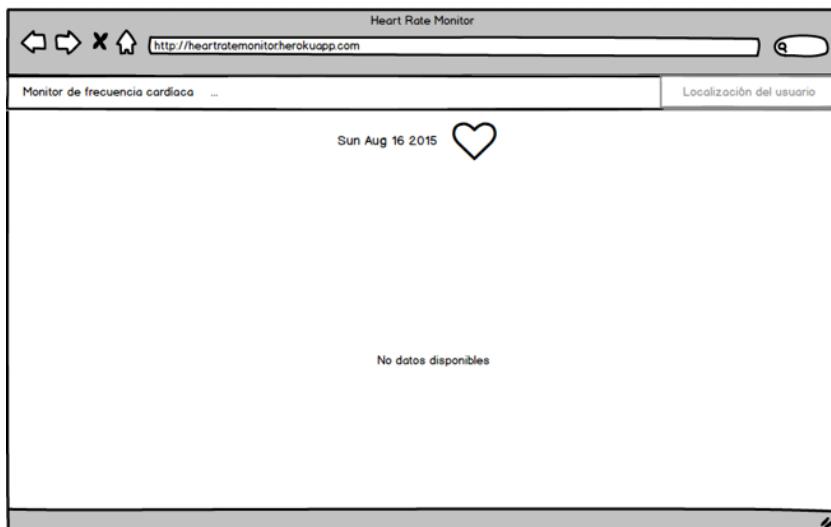
## Requisitos no funcionales:

- Extensibilidad, tolerancia, rendimiento, usabilidad

# Diseño interfaz gráfica. Android

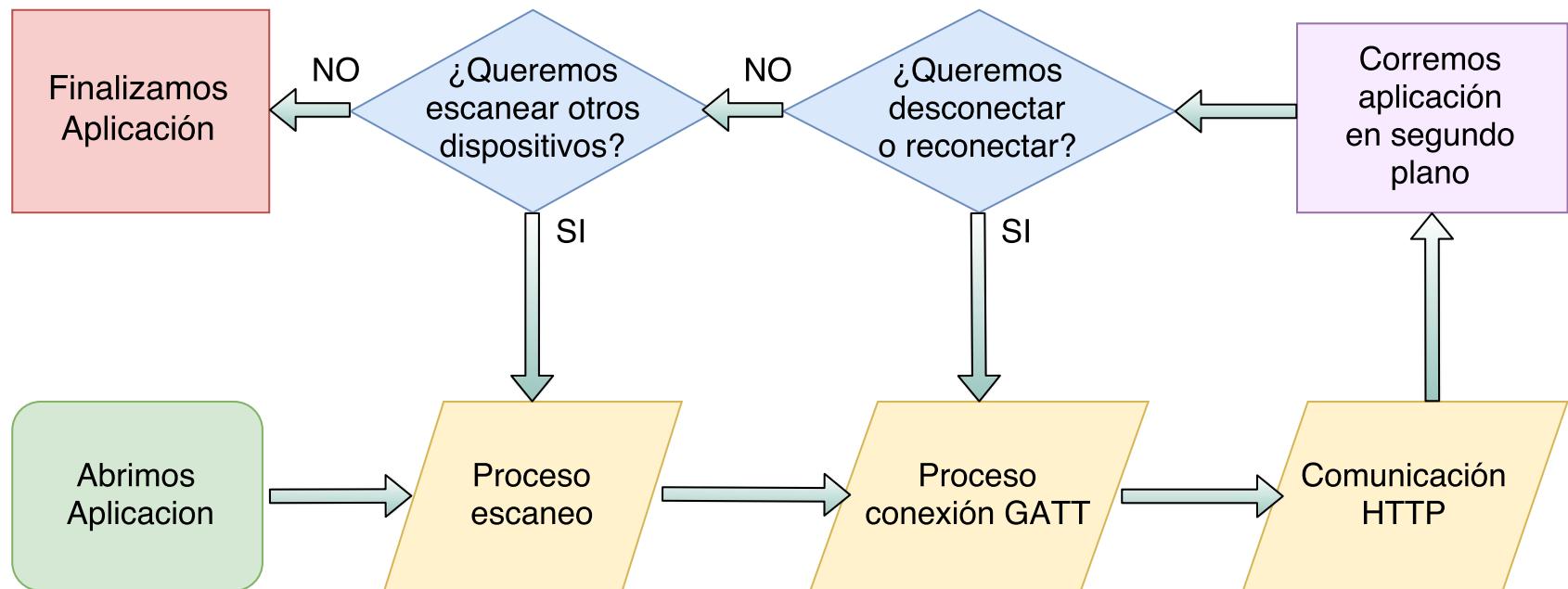


# Diseño interfaz gráfica. Web



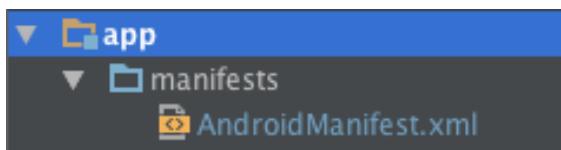
# Implementación aplicación Android

# Aplicación Android. Diagrama de flujo

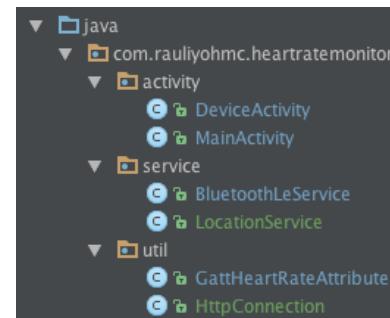


# Aplicación Android. Estructura del código

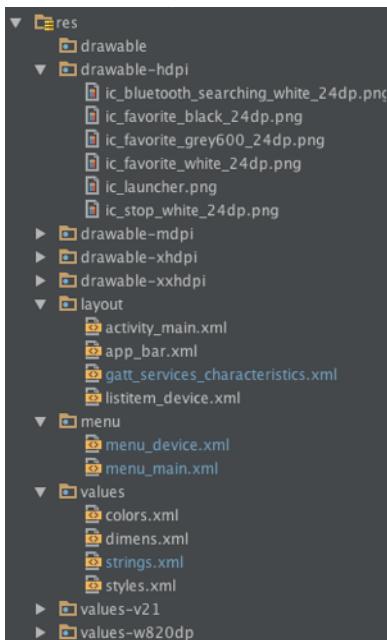
## Manifiestos



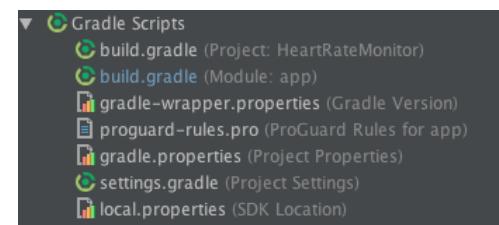
## Código fuente



## Recursos

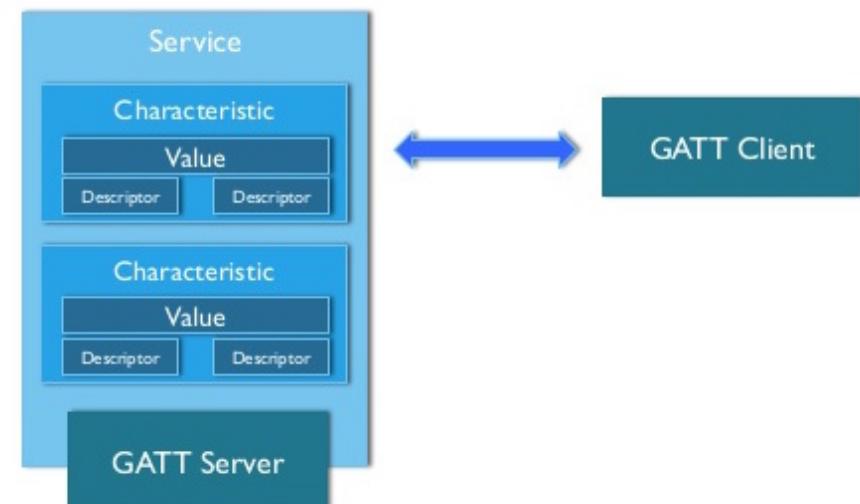


## Instrucciones de compilación



## Conceptos BLE clave:

- Perfil genérico de atributo (GATT)
- Protocolo de atributo (ATT)
- Características
- Descriptores
- Servicios



## Proceso de escaneo:

- Comprobar BLE es soportado en el dispositivo
- Habilitación de Bluetooth
- Escaneo de dispositivos
- Filtrado mediante UUID

## Conexión GATT cliente-servidor:

- bluetoothGatt = device.connectGatt(this, false, bluetoothGattCallback);

## Retrollamadas para entregar resultados al cliente

- onConnectionStateChange
- onServicesDiscovered
- onCharacteristicRead

```
1  if (UUID_HEART_RATE_MEASUREMENT.equals(characteristic.getUuid())) {  
2      int flag = characteristic.getProperties();  
3      int format = -1;  
4      if ((flag & 0x01) != 0) {  
5          format = BluetoothGattCharacteristic.FORMAT_UINT16;  
6      } else {  
7          format = BluetoothGattCharacteristic.FORMAT_UINT8;  
8      }  
9      final int heartRate = characteristic.getIntValue(format, 1);  
10 }
```

## Ubicación:

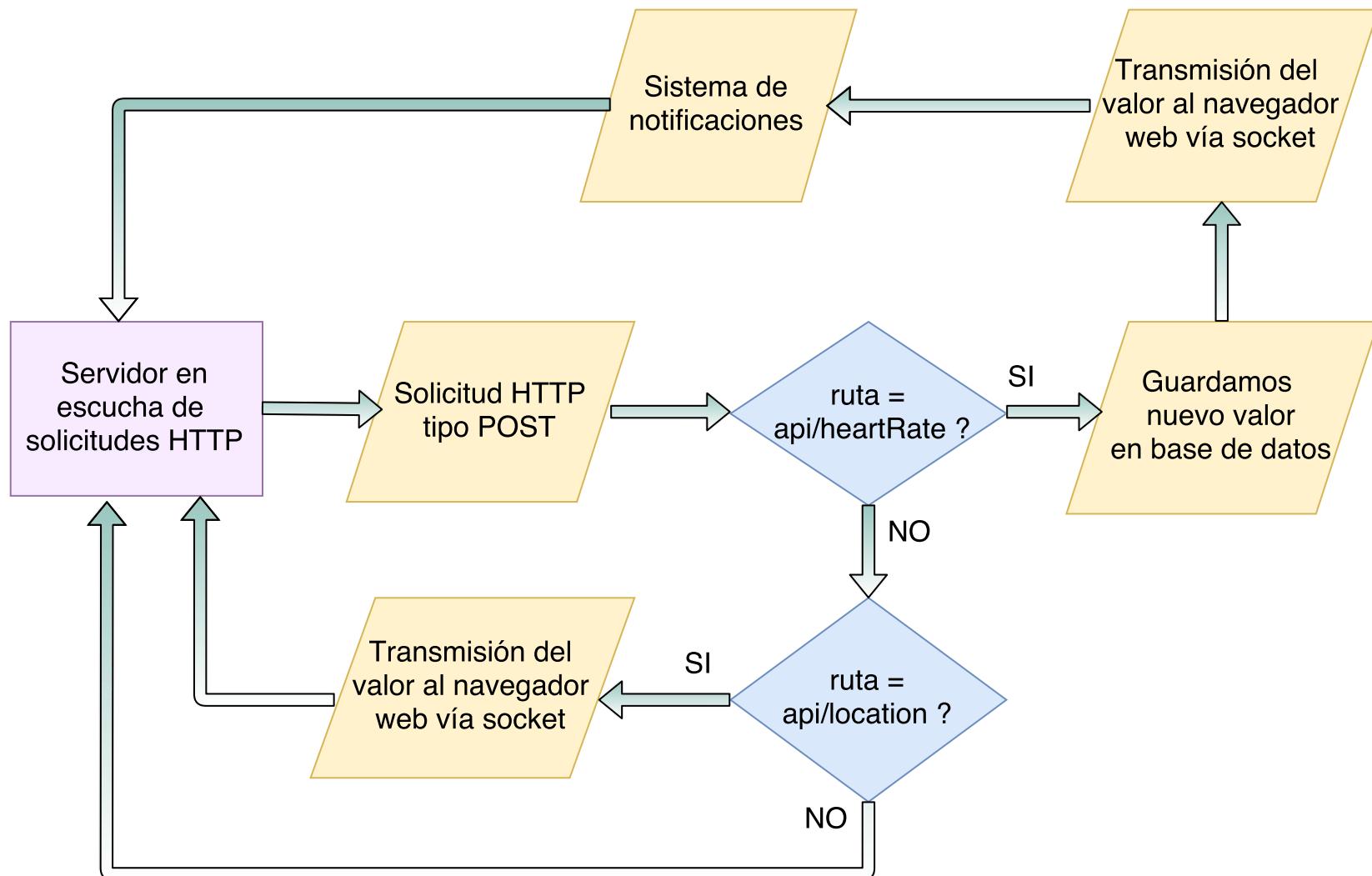
- Conexión con Google Mobile Services (GMS)

## Comunicación con el servidor mediante HTTP:

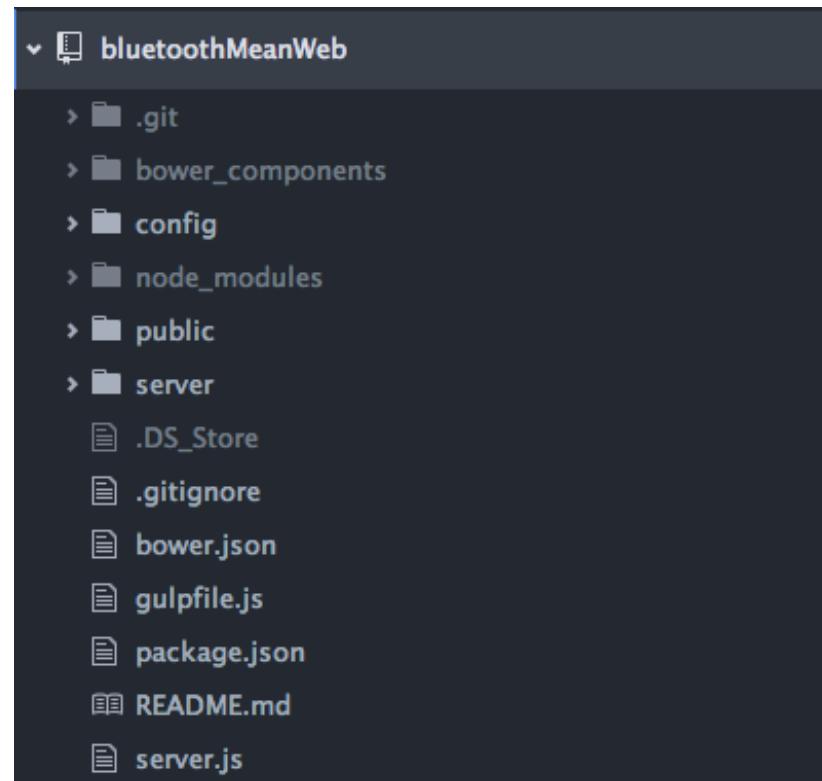
- Envío de valores de frecuencia cardíaca (cada seg.)
- Envío de valores de localización (cada 2 minutos)
- Flag -1 para indicar desconexión

# Implementación aplicación Web

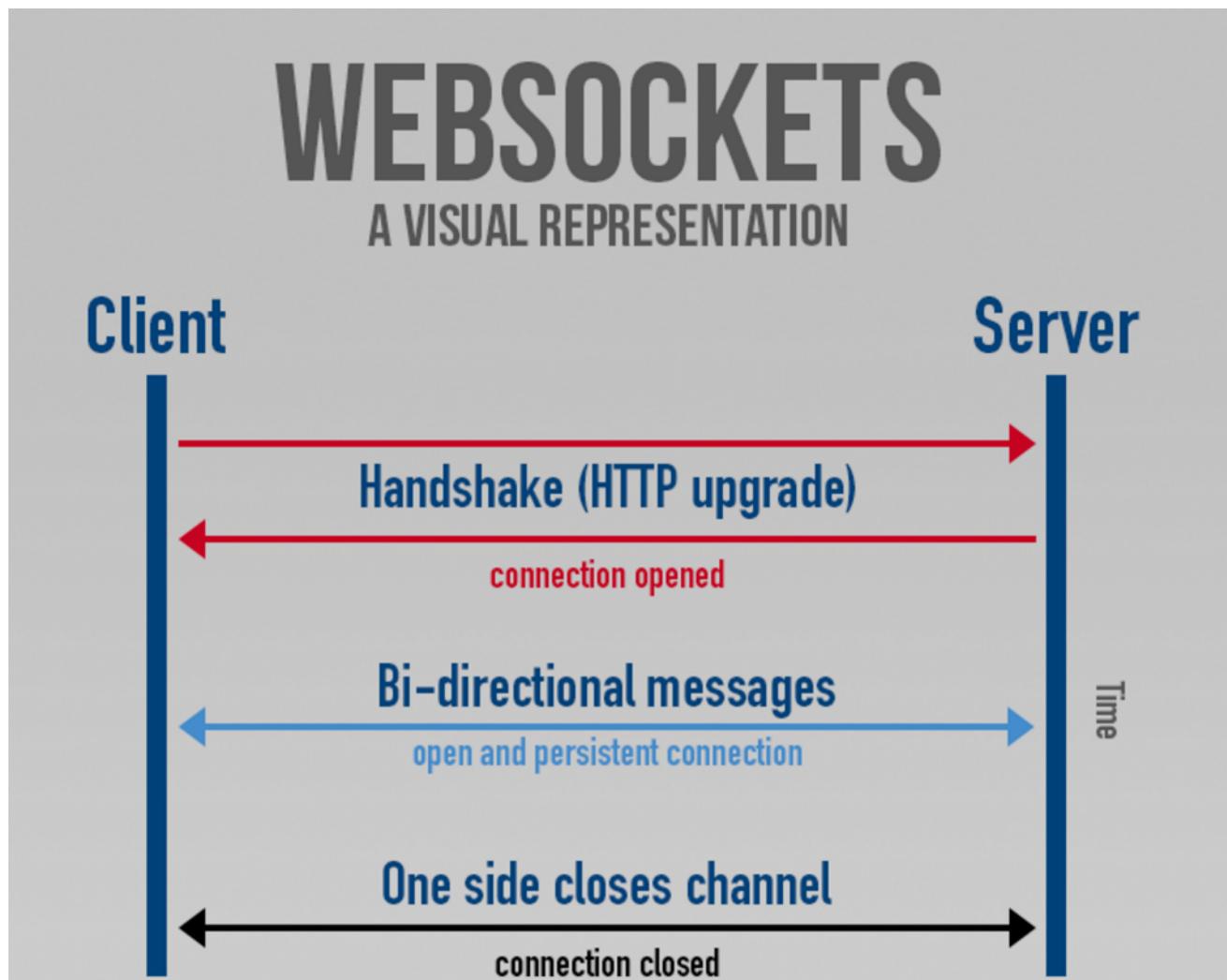
# Aplicación Web. Diagrama de flujo



- bower\_components
- node\_components
- package.json, bower.json
- config
- server.js
- server
- public



# Aplicación Web. Web socket



- Módulo mongoose para MongoDB
- Esquemas definidos en JavaScript

---

```
1 var mongoose = require('mongoose'),
2     Schema = mongoose.Schema;
3 var databaseSchema = new Schema({
4     day: String,
5     time: String,
6     values: [
7         emitting: {type: String},
8         value: {type: String}
9     ]
10 });
11 module.exports = mongoose.model('storageModel', databaseSchema);
```

---

# Aplicación Web. Notificaciones

- Módulo nodemailer para cliente email
- Notificación por fuera de rango
- Notificación por vuelta a normalidad
- Periodo de notificación configurable

## HTML + CSS + JavaScript (AngularJS)

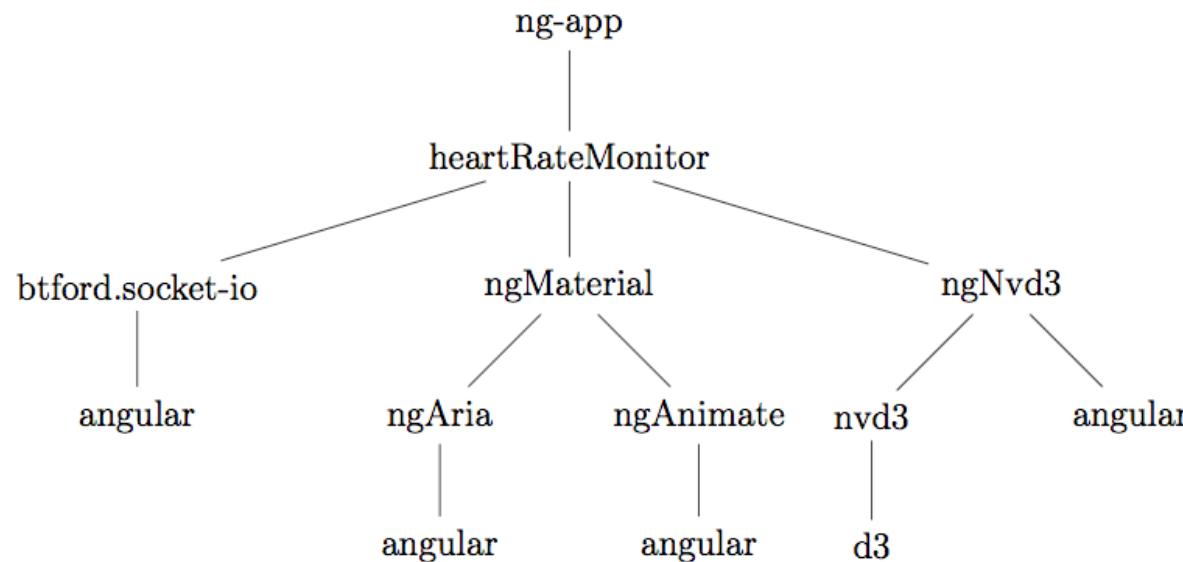
### AngularJS:

- Implementa el patrón MVC
- Directivas predefinidas, ng-show, ng-hide y personalizadas  
`<MiDirectiva miAtributo=valor />`
- Organización en ámbitos con doble enlazado
- Controladores para definir funcionalidad en bloques

### RequireJS para el manejo de dependencias

## Árbol de dependencias de la aplicación cliente:

- Uso de librerías externas:



## Vista:

- RequireJS como punto de entrada
- ng-controller
- Doble enlazado mediante {{variable}}

## Controlador y modelo:

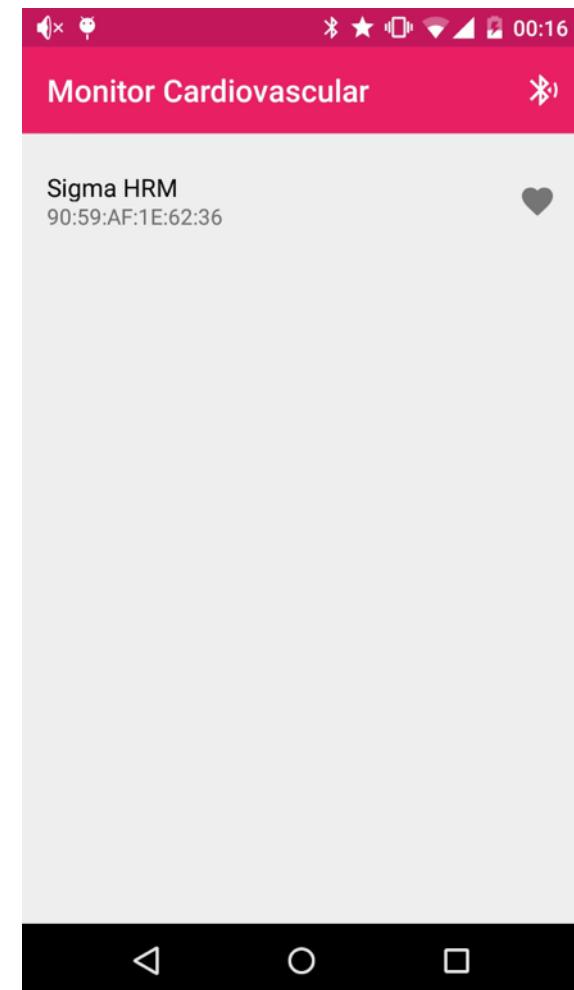
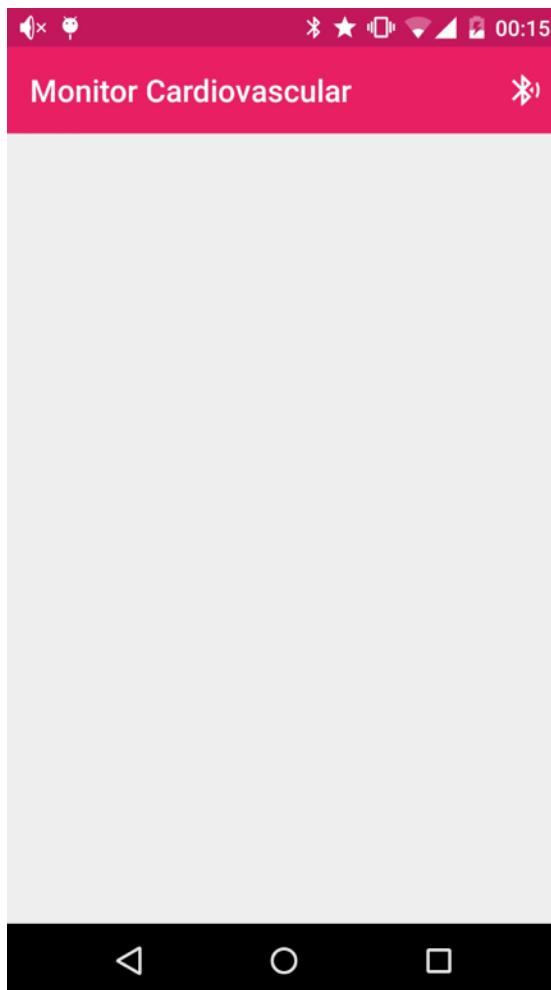
- Lógica de cliente

```
1 <html>
2   <head>
3     <!-- Titulo y carga de los archivos externos css --&gt;
4   &lt;/head&gt;
5   &lt;body ng-controller="heartRateMonitor.controller"&gt;
6     &lt;div layout="column" layout-fill&gt;
7       &lt;md-toolbar&gt;
8         <!-- Contenido de la barra de herramientas superior --&gt;
9       &lt;/md-toolbar&gt;
10      &lt;md-content layout-padding layout-fill flex
11        layout="column" style="padding-top: 24px"&gt;
12        &lt;div class="heartRate-value"&gt;
13          &lt;span style="padding-right: 10px"&gt;{{currentDay}}&lt;/span&gt;
14          &lt;i class="fa fa-heart-o fa-2x" style="color: pink;"&gt;
15            ng-show="disconnected"&gt;&lt;/i&gt;
16          &lt;i class="fa fa-heartbeat fa-2x" style="color: #E91E63;"&gt;
17            ng-hide="disconnected"&gt;&lt;/i&gt;
18          &lt;span style="padding: 0px 10px 0px 10px;
19            font-size: 24px;"&gt;{{value}}&lt;/span&gt;
20        &lt;/div&gt;
21        &lt;nvd3 options="options" data="data"
22          config="config" api="api"&gt;&lt;/nvd3&gt;
23      &lt;/md-content&gt;
24    &lt;/div&gt;
25    <!--Punto de entrada al codigo javascript'--&gt;
26    &lt;script type="text/javascript"
27      src="..../bower_components/requirejs/require.js"
28      data-main="js/main.js"&gt;&lt;/script&gt;
29  &lt;/body&gt;
30 &lt;/html&gt;</pre>
```

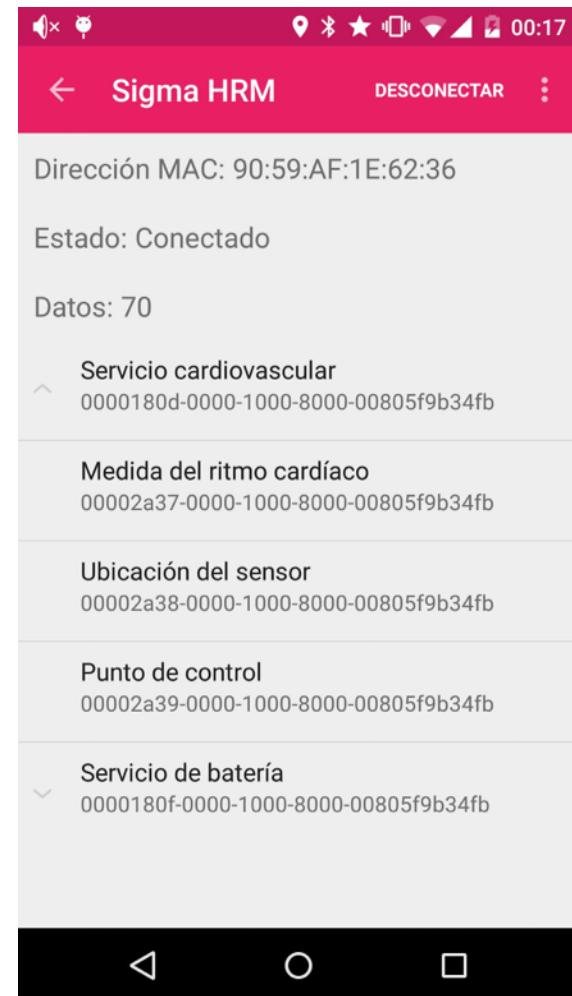
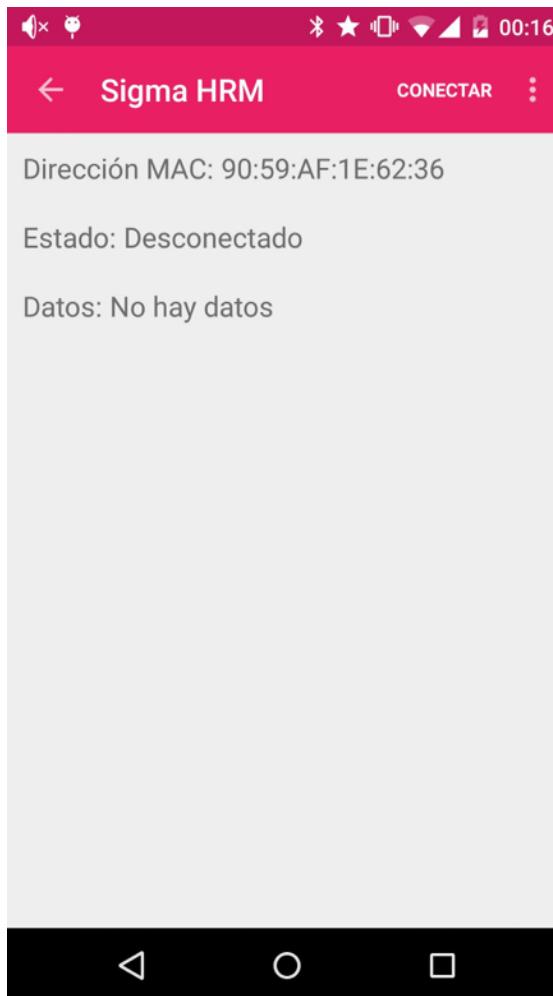
# Índice de contenidos

- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

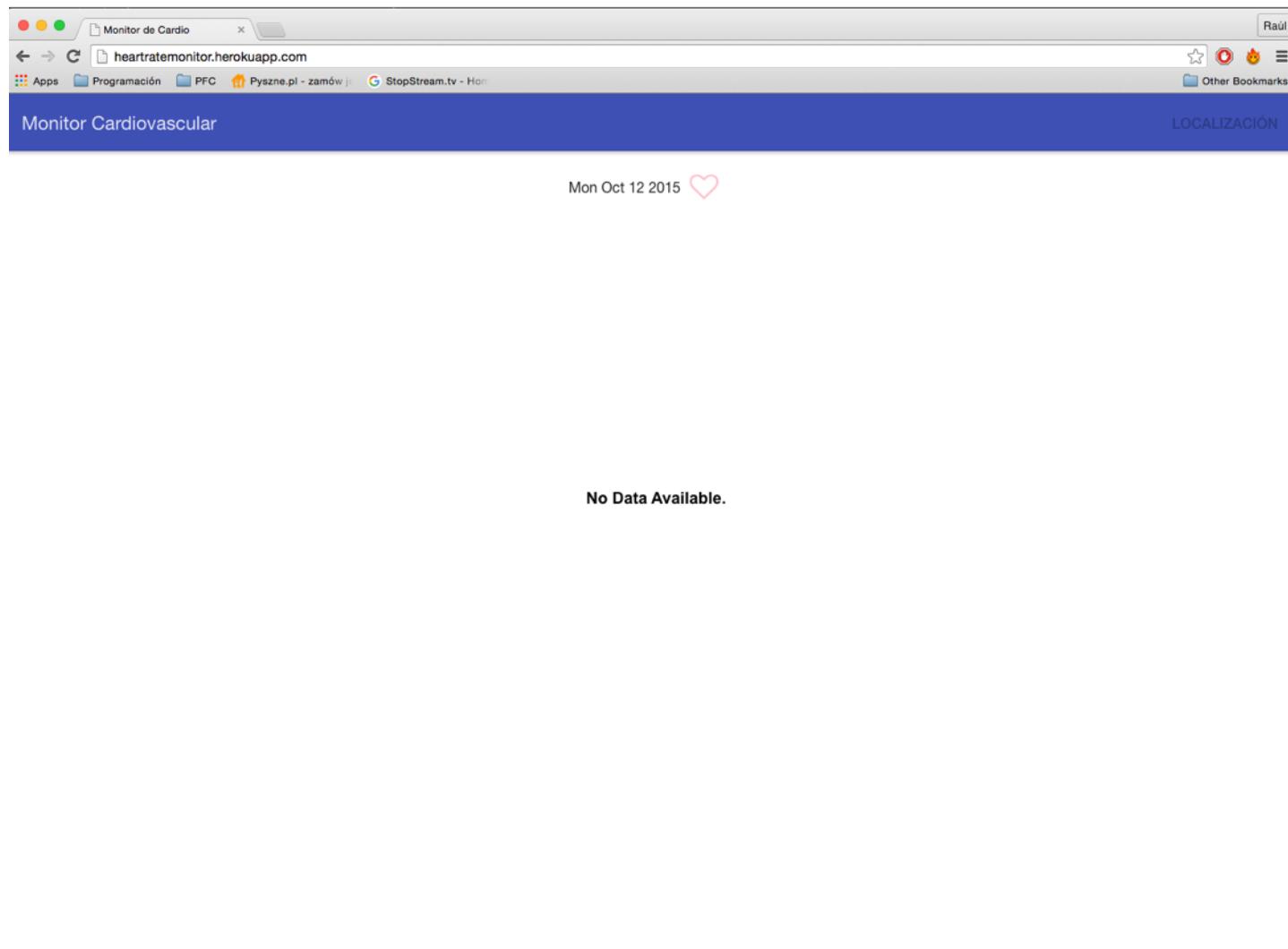
# Producto Android: Inicio y escaneo



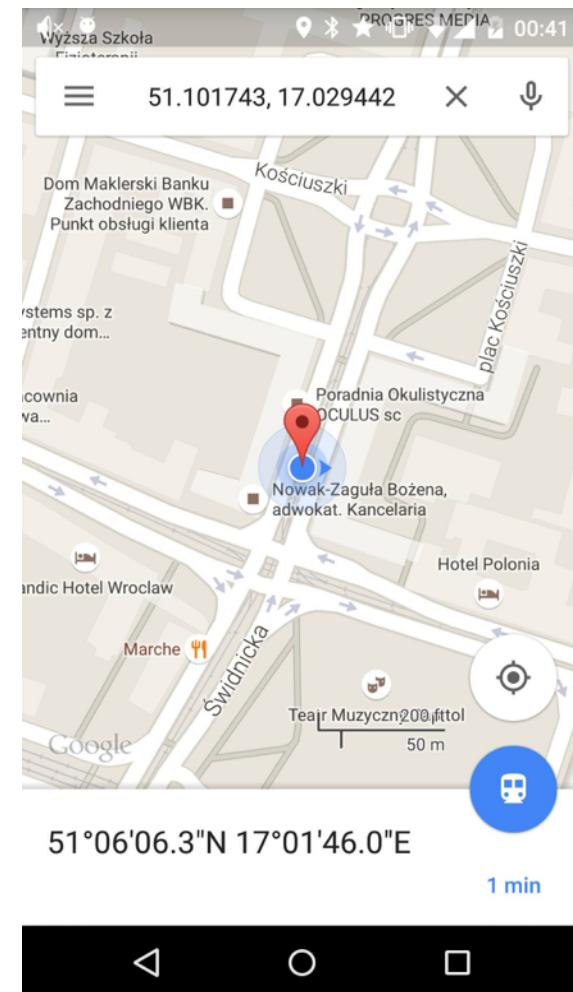
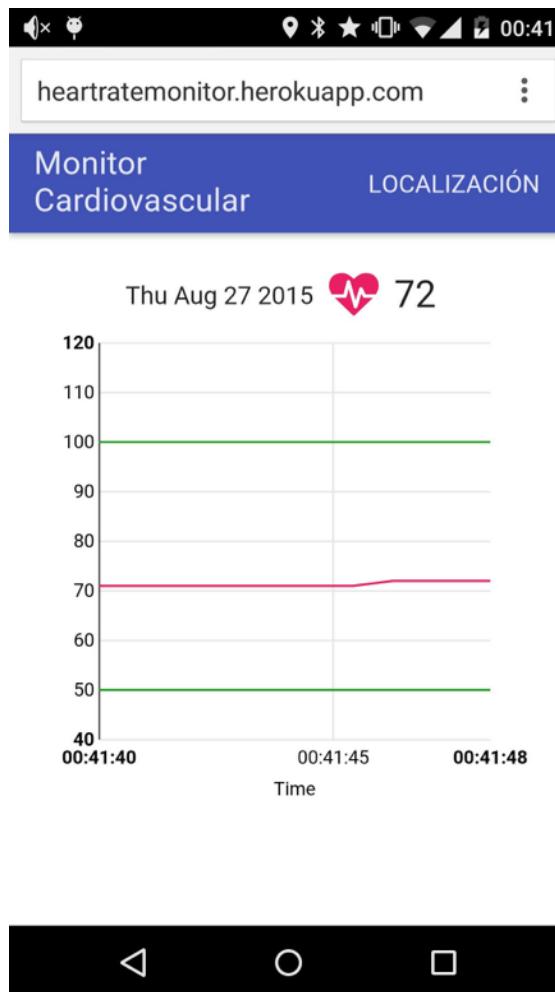
# Producto Android: interfaz BLE



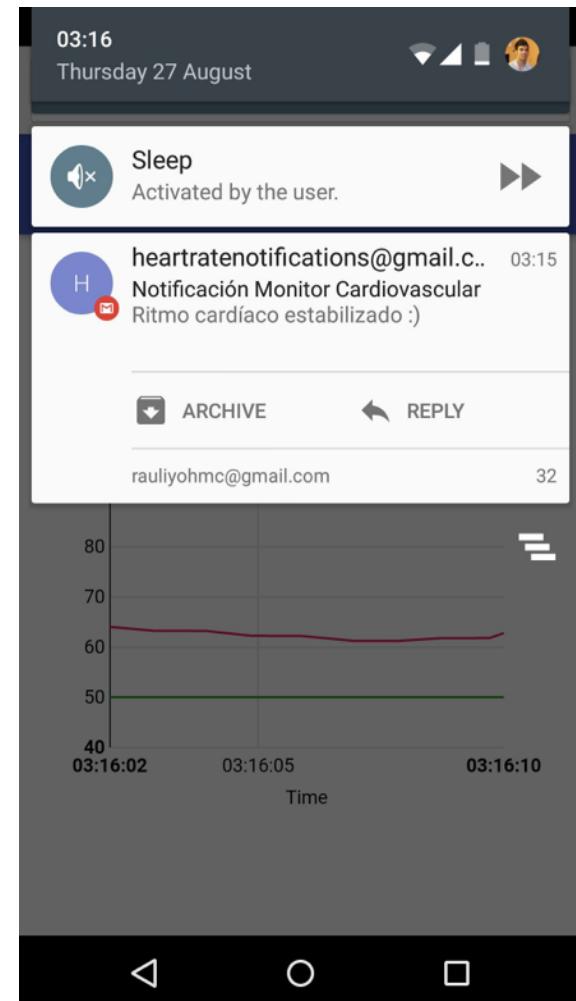
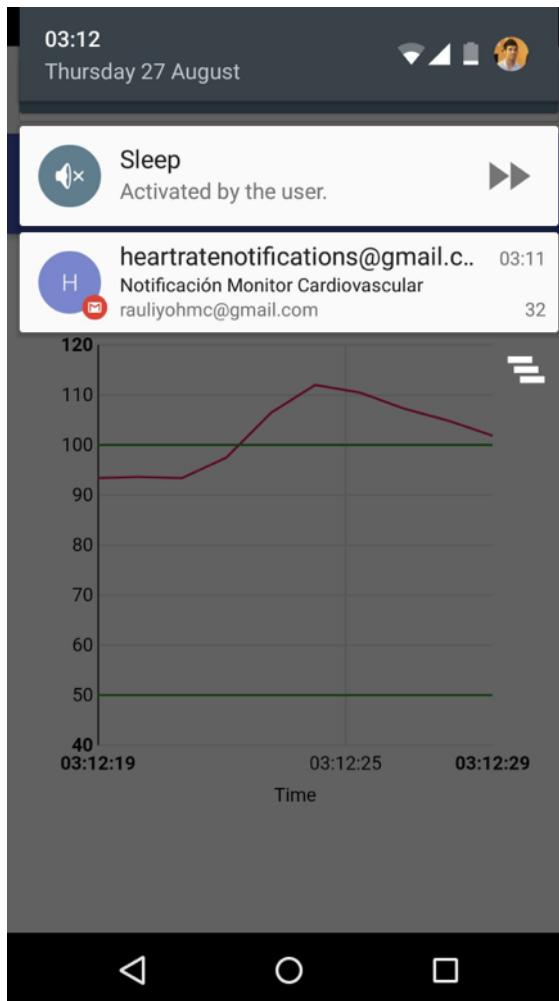
# Producto web: desconectado



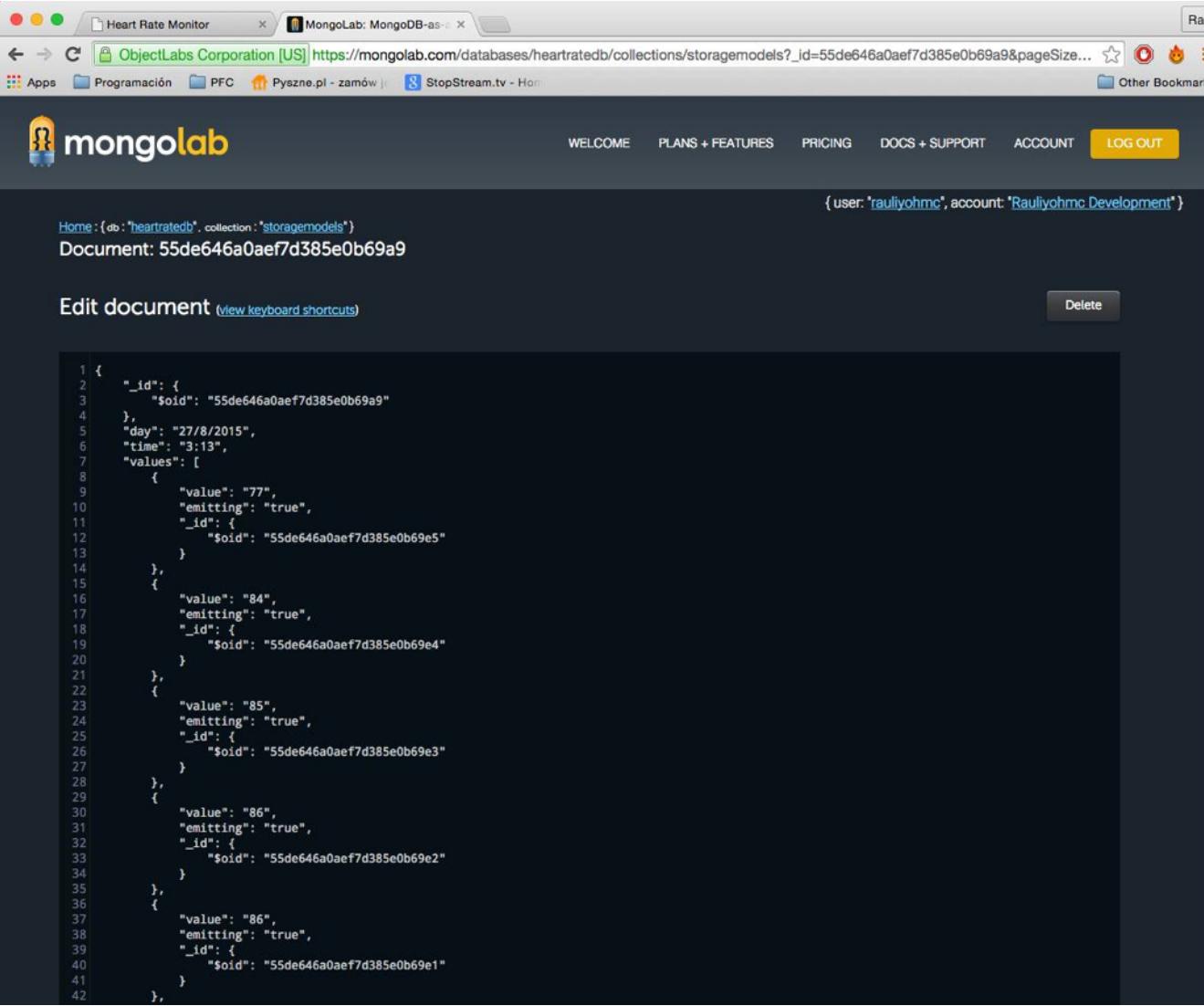
# Producto web: emisión y localización



# Producto web: notificaciones



# Producto web: base de datos



The screenshot shows a web browser window titled "Heart Rate Monitor" with the URL "MongoLab: MongoDB-as-a-Service". The page displays a JSON document from the "storagemodels" collection. The document has an "\_id" field pointing to "55de646a0aef7d385e0b69a9". It contains a "day" field ("27/8/2015") and a "time" field ("3:13"). The "values" array contains five objects, each with a "value" field (77, 84, 85, 86, 86) and an "emitting" field set to "true". Each object also has an "\_id" field pointing to a different ObjectId.

```
1 {
2     "_id": {
3         "$oid": "55de646a0aef7d385e0b69a9"
4     },
5     "day": "27/8/2015",
6     "time": "3:13",
7     "values": [
8         {
9             "value": "77",
10            "emitting": "true",
11            "_id": {
12                "$oid": "55de646a0aef7d385e0b69e5"
13            }
14        },
15        {
16            "value": "84",
17            "emitting": "true",
18            "_id": {
19                "$oid": "55de646a0aef7d385e0b69e4"
20            }
21        },
22        {
23            "value": "85",
24            "emitting": "true",
25            "_id": {
26                "$oid": "55de646a0aef7d385e0b69e3"
27            }
28        },
29        {
30            "value": "86",
31            "emitting": "true",
32            "_id": {
33                "$oid": "55de646a0aef7d385e0b69e2"
34            }
35        },
36        {
37            "value": "86",
38            "emitting": "true",
39            "_id": {
40                "$oid": "55de646a0aef7d385e0b69e1"
41            }
42        },
43    ],
44    "last_update": "2015-08-27T03:13:00.000Z"
45}
```

# Índice de contenidos

- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

# Pruebas: precisión y consumo

## Precisión medidas:

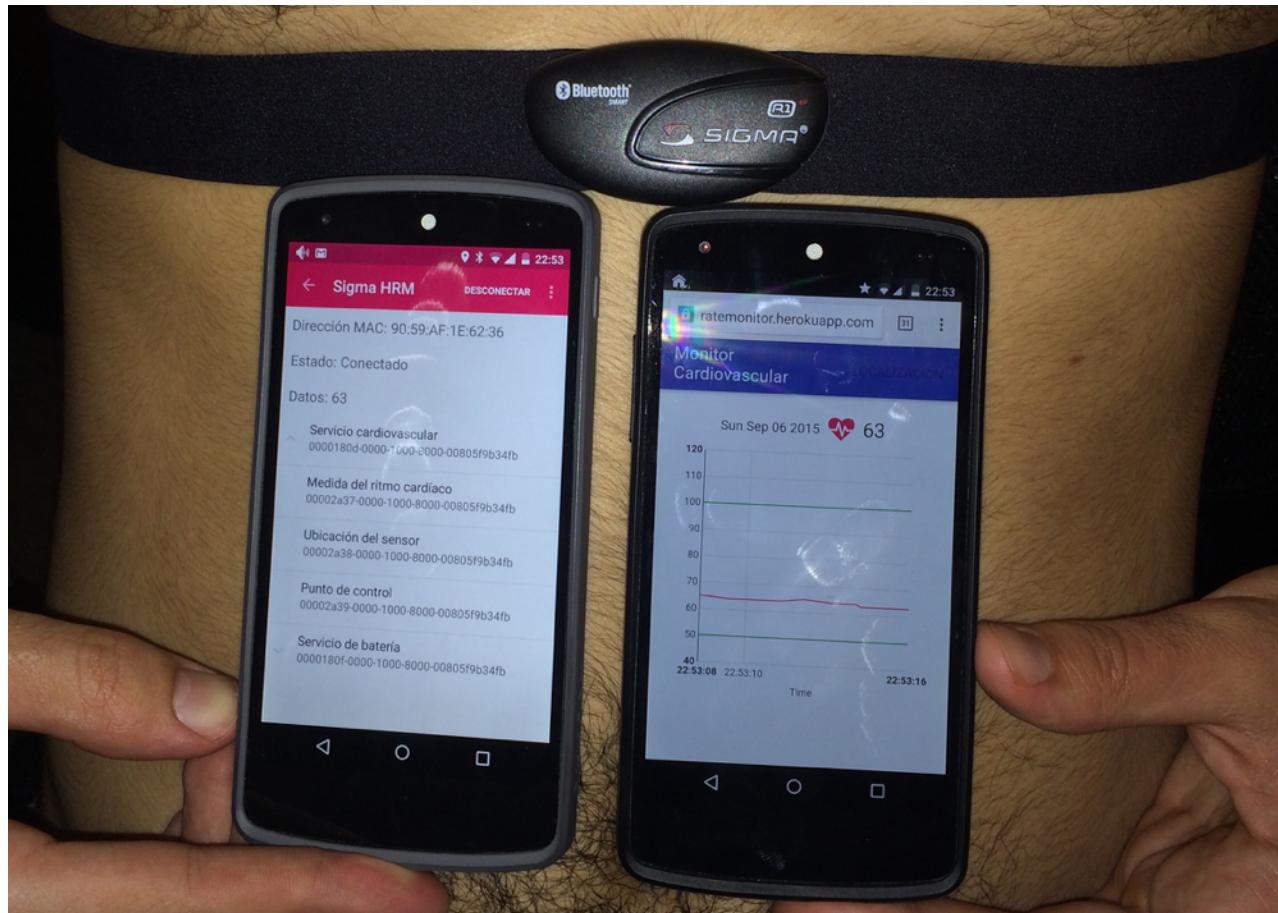
Actividad	Rango	Error (%)
Reposo	50-70 bpm	5.8 %
Actividad Ligera	80-100 bpm	1.5 %
Actividad intensa	150-170 bpm	0 %

## Consumo aplicación Android:

- 20 horas con funcionamiento Wi-Fi
- 8.5 horas con tarifa de datos

# Pruebas: retardo sistema

## Retardo del sistema:



# Índice de contenidos

- 1. Introducción y Visión General**
- 2. Base Teórica**
- 3. Implementación**
- 4. Producto**
- 5. Pruebas**
- 6. Conclusiones y líneas futuras**

# Conclusiones

- Cumple los requisitos planteados
- Prototipo viable en tiempo real
- Bases para el desarrollo web de aplicaciones complejas

# Líneas de trabajo futuras

- Aplicación Android cliente
- Extensión a relojes con sistema operativo Android
- Inclusión de gráficas estadísticas
- Reconocimiento de actividad
- Sistema de autenticación
- Guardar dispositivos preferidos
- Exportación de archivos

# Video

# Gracias por su atención



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA