

# ENTREN

## Beacons en el transporte público

**Ernest Romero Julià**

Grado en Tecnologías de la Telecomunicación

Servicios basados en la localización y espacios inteligentes

**Francesc Puigvert Pell**

**David Merino Arranz**

Enero de 2019



Esta obra está sujeta a una licencia de  
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada

[3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	EnTREN - Beacons en el transporte público
<b>Nombre del autor:</b>	Ernest Romero Julià
<b>Nombre del consultor/a:</b>	Francesc Puigvert Pell
<b>Nombre del PRA:</b>	David Merino Arranz
<b>Fecha de entrega:</b>	01/2019
<b>Titulación:</b>	Grado en Tecnologías de Telecomunicación
<b>Área del Trabajo Final:</b>	Servicios basados en localización y espacios inteligentes.
<b>Idioma del trabajo:</b>	Castellano
<b>Palabras clave</b>	Beacon, Smart, Transporte.

### Resumen del Trabajo:

“Entren” es un proyecto que nace como solución a retenciones o colapsos que actualmente existen dentro de las infraestructuras, en el sector del transporte público. Sobre todo, en hora punta. Además, evitará multas económicas por fallos en la validación del billete y robo o pérdida del mismo.

Esta solución se implementa dentro de una sociedad digitalizada en constante innovación, por lo que el sector descrito estará expuesto a una transformación tecnológica mediante la interactividad de unos dispositivos SMART llamados beacons (y su correspondiente tecnología), con los teléfonos inteligentes.

Para ello, se estudia el comportamiento de estos dispositivos, sus correspondientes parámetros de configuración y la compatibilidad, en cuanto a conexión, con los terminales móviles.

Del trabajo se obtiene, en cuanto a resultados, un producto en forma de diseño gráfico y otro producto en forma de aplicación. Se analizará su viabilidad, a través de la solución descrita y la elaboración de un presupuesto, ante una posible implantación en la sociedad actual.

De todo esto, interesará saber si dicha sociedad está capacitada, o no, para acoger esta mejora dentro del sector del transporte público, ampliable a otros sectores.

**Abstract:**

"Entren" is a project born to be a solution to retentions which nowadays exist inside the infrastructure of the public transport sector. Especially in rush hour. Furthermore, it will avoid penalties caused by a bad validation or robbery of the ticket.

This solution is deployed inside a digitalized society in constant innovation, that's why this sector will be exposed to a technological transformation through the interactivity of SMART devices called beacons (and its technology), with Smartphones.

For this, it is studied the behavior of these devices, its configuration parameters and its network compatibility with Smartphones.

From this project, it is obtained a product in form of graphical design and another one in form of an application. It will be analyzed its viability through the described solution and drawing up a budget in the face of the possibility of deploying this project into de actual society.

From all of this, it will be interesting to know if this society is capable or not to understand and receive this improvement inside public transport sector or in other sectors.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO CONCEPTUAL TEÓRICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO .....	2
3. PROVISIÓN DE PROBLEMAS A SOLUCIONAR .....	5
3.1. INCIDENCIAS RELACIONADAS CON EL BILLETE FÍSICO .....	5
3.1.1. Pérdidas económicas no recuperables por mal uso del billete .....	5
3.1.2. Pérdidas económicas no recuperables por extravío “real” del billete.....	6
3.2. INCIDENCIAS RELACIONADAS CON TORNOS Y ACCESO A ANDÉN .....	6
3.3. INCIDENCIAS RELACIONADAS CON LA COMPRA DEL BILLETE .....	7
4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO .....	8
4.1. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA.....	8
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL TFG “EnTREN” .....	8
5. MÉTODO PROPUESTO COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS .....	10
5.1. DEFINICIÓN/RESUMEN DE LA SOLUCIÓN.....	10
5.2. DIAGRAMA COMPLETO .....	12
6. BEACONS.....	15
6.1. DEFINICIÓN DE BEACON .....	15
6.2. USO DE LOS BEACONS .....	17
6.3. PROTOCOLOS DE EMISIÓN.....	17
6.3.1. Eddystone.....	18
6.3.2. iBeacon .....	18
6.3.3. Diferencia jerárquica y funcional entre iBeacon y Eddystone.....	20
6.3.4. Otros protocolos.....	20
6.4. REQUISITOS TÉCNICOS .....	21
6.5. POSIBILIDADES DE CONFIGURACIÓN DEL BEACON (POC).....	23
6.5.1. Configuración de un beacon virtual a través de aplicaciones .....	23
6.5.2. Configuración mediante aplicación propia del beacon real adquirido.....	28
7. DISEÑO / SIMULACIÓN DE UNA ESTACIÓN .....	33

7.1. DISEÑO DE ESTACIÓN VIRTUAL BÁSICA.....	34
7.1.1. Máquinas validadoras .....	36
7.1.2. Carril exclusivo ‘non-stop’ .....	37
7.1.3. Beacons .....	38
7.2. DISEÑO DE ESTACIÓN VIRTUAL CON TRÁNSITO DE USUARIOS .....	38
7.3. DISEÑO DE ESTACIÓN VIRTUAL CON IMPLANTACIÓN AVANZADA..	39
8. PRESENTACIÓN DE LA APLICACIÓN ENTREN.....	41
8.1. LOGOTIPO.....	41
8.2. PROTOTIPADO .....	42
8.3. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN O PROTOTIPO.....	42
8.4. PANELES DINÁMICOS Y EVENTOS UTILIZADOS.....	43
8.4.1. Login.....	43
8.4.2. Register .....	46
8.4.3. Register_ok .....	48
8.4.4. Inicio .....	48
8.4.5. Admin_Cards .....	55
8.5. DEMOSTRACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO .....	57
8.6. ANÁLISIS DE LA CASUÍSTICA DURANTE EL USO DEL PROTOTIPO.....	62
8.6.1. Registro de billete sin previo establecimiento de comunicación con beacon..	62
8.6.2. Guardar último registro pese a desconectar el buscador de beacons .....	62
8.7. DIAGRAMA DE CASOS DE USOS DE UML.....	63
8.8. PRESUPUESTO DE DESARROLLO .....	64
9. RESULTADOS .....	66
10. FUTURAS MEJORAS.....	67
10.1. BEACONS EN EL INTERIOR DEL TRANSPORTE .....	67
10.2. BOTÓN SOS .....	67
10.3. NOTIFICACIÓN DE CADUCIDAD Y RENOVACIÓN AUTOMÁTICA .....	67
10.4. TARIFICACIÓN POR TRAYECTO .....	67
10.5. DEVOLUCIÓN EXPRESS AUTOMÁTICA .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Tarjeta Suica digital.....	3
Ilustración 2. Diagrama (yED Graph Editor) .....	12
Ilustración 3. Diagrama parcial (yED Graph Editor) .....	14
Ilustración 4. Emisión faro .....	15
Ilustración 5. Beacon (cara superior).....	16
Ilustración 6. Beacon (cara inferior).....	16
Ilustración 7. Esquema funcional iBeacon .....	20
Ilustración 8. Esquema funcional Eddystone .....	20
Ilustración 9. Relación entre clases de Bluetooth.....	21
Ilustración 10. Beacon Simulator - Interfaz inicial.....	24
Ilustración 11. Beacon Simulator - Selección tipo de beacon .....	25
Ilustración 12. Beacon Simulator - Opciones Eddystone UID .....	25
Ilustración 13. Beacon Simulator - Configuración de parámetros Eddystone UID .....	26
Ilustración 14. Beacon Simulator - Configuración de parámetros de transmisión.....	27
Ilustración 15. Beacon Simulator - Beacon virtual generado .....	27
Ilustración 16. SetBeaconParameter - Pantalla selección de beacon.....	28
Ilustración 17. SetBeaconParameter - Comunicación con beacon seleccionado .....	28
Ilustración 18. SetBeaconParameter - Emparejamiento con beacon.....	29
Ilustración 19. SetBeaconParameter - Información del dispositivo (beacon) .....	29
Ilustración 20. SetBeaconParameter - Parámetros básicos.....	30
Ilustración 21. SetBeaconParameter - Parámetros avanzados.....	31
Ilustración 22. SetBeaconParameter - Parámetros de trabajo.....	32

Ilustración 23. Estación virtual básica - Vista anterior.....	34
Ilustración 24. Estación virtual básica - Vista superior.....	34
Ilustración 25. Estación virtual básica - Vista lateral.....	35
Ilustración 26. Estación virtual básica - Vista posterior.....	35
Ilustración 27. Elementos de la estación virtual básica - Máquinas validadoras.....	36
Ilustración 28. Elementos de la estación virtual básica - Vista carril de entrada.....	37
Ilustración 29. Elementos de la estación virtual básica - Vista carril de salida.....	37
Ilustración 30. Elementos de la estación virtual básica - Beacons.....	38
Ilustración 31. Estación virtual con tránsito de usuarios.....	38
Ilustración 32. Estación virtual con implantación avanzada.....	39
Ilustración 33. Interacción revisor y usuario.....	40
Ilustración 34. EnTREN - Logotipo fondo blanco y fondo negro.....	41
Ilustración 35. ‘Site map’ del prototipo.....	42
Ilustración 36. Paneles dinámicos (I) - Login.....	43
Ilustración 37. Propiedades Data Master (I).....	44
Ilustración 38. . Propiedades Data Master (II).....	44
Ilustración 39. Error “Login Failed” por credenciales incorrectas.....	44
Ilustración 40. Evento Login (I) - Propiedades.....	45
Ilustración 41. Evento Login (II) - Instancia.....	45
Ilustración 42. Paneles dinámicos (II) - Register.....	46
Ilustración 43. Evento Register - Enviar (propiedades).....	47
Ilustración 44. Paneles dinámicos (III) - Register_ok.....	48
Ilustración 45. Paneles dinámicos (IV) - Inicio (sin y con elementos ocultos).....	49



Ilustración 46. Paneles dinámicos (IV) - Inicio (proceso final de registro del billete)...	51
Ilustración 47. Eventos e interacciones Inicio (I) - Botón transmisor .....	52
Ilustración 48. Eventos e interacciones Inicio (I) - Lista beacons.....	52
Ilustración 49. Eventos e interacciones Inicio (III) - Botón emulador de billete .....	53
Ilustración 50. Eventos e interacciones Inicio (IV) - Botón transmisor iluminado.....	54
Ilustración 51. Eventos e interacciones Inicio (IV) - Botón administrador de billetes ..	54
Ilustración 52. Data Master user cards (I) - Propiedades .....	55
Ilustración 53. Data Master user cards (II) - Registros.....	55
Ilustración 54. Paneles dinámicos (V) – Admin_cards .....	56
Ilustración 55. Demostración (I) - Login.....	57
Ilustración 56. Demostración (II) - Registro .....	58
Ilustración 57. Demostración (III) - Inicio .....	58
Ilustración 58. Demostración (IV) - Selección de beacon.....	59
Ilustración 59. Demostración (V) - Registro de billete .....	59
Ilustración 60. Demostración (VI) - Botón administrar billetes.....	60
Ilustración 61. Demostración (VII) - Proceso de selección de billete.....	60
Ilustración 62. Demostración (VIII) - Funciones no implementadas .....	61
Ilustración 63. Casuísticas (I) - Registro sin comunicación con beacon.....	62
Ilustración 64. Casuísticas (II) - Guardado de último registro .....	62
Ilustración 65. Diagrama de casos de uso de UML - EnTREN.....	63
Tabla 1. Especificaciones técnicas JO-BEC09 .....	16

## AGRADECIMIENTOS

### Ámbito universitario

Este proyecto, culmina uno de mis principales objetivos en la vida: obtener el título universitario de la especialidad que yo **quise, quiero y habría querido** siempre, con un trabajo de final de grado basado en una idea propia. Y en este último factor, su máximo culpable es mi consultor **Francesc Puigvert**, al que debo nombrar como primer agradecido. Tanto él como mi profesor, **David Merino**, aceptaron mi propuesta, pese a no estar relacionada con su área. Eso elevó mi motivación durante todo el proyecto.

### Ámbito profesional

Agradecer a **José Queija**, el haber compartido sus conocimientos y darme la oportunidad de trabajar en la empresa con la que inició todo este sueño: Metrolico. Después fue adquirida por T-Systems, donde actualmente trabajo y me ha dado una estabilidad horaria y económica con la que poder centrarme en crecer tanto profesional como académicamente.

### Ámbito familiar

Precisamente de esa contratación, coincidió el hecho de conocer a **Nuria Miranda**, mi mujer, con la que además de compartir nuestros inicios en Metrolico, seguimos compartiendo nuestra vida laboral y sentimental en T-Systems. Agradecer esa confianza, apoyo y esfuerzo en casa, porque gracias a estos elementos he podido dedicar más horas a los estudios. También agradecer que se involucrara en las mejoras de este proyecto.

Pese a realizar el TFG (y el Grado) prácticamente en horario nocturno, como padre de un niño de 7 años, debo agradecer a **Aarón Romero Miranda**, mi hijo, el saber entender cuando necesitaba tiempo y espacio durante el día. Un tiempo que probablemente pudiera haber dedicado a otras actividades. A su vez, disculparme con él porque durante el Grado y en la elaboración de este proyecto, reconozco situaciones en las que no permiten a uno desconectar del todo, y estar con lo que realmente importa en la vida. #Tu\_Papadux ;)

## 1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de este Trabajo de Final de Grado, se realiza dentro de una sociedad en permanente modernización y/o progreso tecnológico que desemboca en un nuevo concepto llamado *Smart cities*.

Las *Smart cities* o ciudades inteligentes, hacen referencia a ciudades cuyo desarrollo se basa en la sostenibilidad tanto en el ámbito ambiental como en el económico, operativo y social, apoyándose en el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Dentro de este desarrollo, se puede observar un gran impacto en las infraestructuras en el sector del transporte público. Dicho impacto coincide con la dotación de las soluciones tecnológicas más avanzadas.

Un ejemplo, en este sector, es el medio usado por millones de personas en este país: **un tren**. Datos en mano, y recuperando un artículo publicado por Europa Press el 24 de Julio de 2018 en su sección de Transportes dentro de Economía, sabemos que la operadora ferroviaria española Renfe en su versión de cercanías dentro de Cataluña (Rodalies), ha transportado durante el primer semestre de 2018 un total de 62,6 millones de personas aproximadamente.

Consecuencia de su importancia e impacto, nace el juego de palabras que da nombre a este proyecto. Un proyecto cuyo objetivo es mejorar las infraestructuras anteriormente señaladas mediante un proceso de innovación y desarrollo a través de nuevas tecnologías.

Para esta mejora, la memoria comprenderá una descripción de la situación actual dentro de este sector detallando los problemas observados, y proponiendo una solución tanto teórica como práctica.

Como se podrá observar a lo largo del trabajo, dicha solución consta de una serie de elementos activos y pasivos que son difícil de abarcar en una entrega de estas características. Es por ese motivo, que este trabajo se centrará en aquella parte de la solución que más impacto tiene de cara al usuario final.

## 2. MARCO CONCEPTUAL TEÓRICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO

En la actualidad, tal y como hemos podido ver en la introducción inicial, millones de personas hacen uso del tren durante el año. Esta gran afluencia, invita a imaginar un panorama de mucho tránsito de personas en sus infraestructuras diariamente y, según fuentes de información oficiales, parece ser que la dinámica tiende a mantenerse, pese a unos altibajos marcados por ejemplo por la crisis económica. Causa que no será analizada en este proyecto.

Centrándonos en las estaciones, no es difícil pensar en un cúmulo de gente, sobre todo en las grandes ciudades, con la misma finalidad: la compra del billete correspondiente y el acceso al andén.

A medida que ha ido evolucionando la tecnología, se han podido observar una serie de implantaciones que han mejorado estos dos principales propósitos.

### **Compra del billete**

La evolución en la adquisición del billete, se podría resumir en tres fases u opciones, por tal de entender el concepto de innovación al que se refiere este proyecto:

- Compra de billetes en la propia taquilla de la estación
- Compra en máquinas expendedoras de billetes
- Compra de billetes en línea

Dependiendo del tipo de viaje que el viajero desee realizar, podremos escoger entre una u otra opción.

Por ejemplo, en viajes de Rodalies (Cercanías de Cataluña), ésta última fase de adquisición del billete en línea no está disponible. Y es la opción que se tratará de mejorar.

Hemos podido observar, en esta evolución, una digitalización híbrida del billete que EnTREN, pretende consolidar tecnológicamente. Y es que, en ciudades como Madrid o Tokio, podemos encontrar una tarjeta con tecnología NFC, que rechaza el típico billete de papel/cartón con los correspondientes inconvenientes que pueden ocasionar y que se encuentran detallados en siguientes apartados.

El usuario adquiere una tarjeta en las taquillas o máquinas expendedoras, y puede consultar su saldo o recargar la misma mediante estos métodos mencionados, añadiendo la información del saldo una vez se accede por el turno, a través de una pequeña pantalla integrada en éste.

Incluso en el caso de Tokio, hay un tipo de tarjetas llamadas Suica que permiten su integración en dispositivos móviles iPhone o relojes inteligentes como Apple Watch mediante los servicios de pago móvil que ofrecen la compañía Apple, llamados Apple Pay.



*Ilustración 1. Tarjeta Suica digital*

Pero no todas las grandes ciudades disponen actualmente de estas soluciones. En Barcelona, cuya ciudad acogió la primera línea de ferrocarril en España (Península) entre Barcelona-Mataró en el año 1848, carece de este sistema y sigue estancada, en ese aspecto, para sus viajes de cercanías. Existe un proyecto en fase de aprobación y continuos retrasos llamado **T-Mobilitat**.

Este proyecto, que no deja de ser una variante de los ya existentes en las dos ciudades citadas anteriormente, aún tiene varios frentes abiertos por resolver.

Una de las motivaciones a la hora de implementar la solución de este TFG e incluso proponer esta alternativa a los responsables de la Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM), es precisamente esta incertidumbre a la hora de desplegar definitivamente ese cambio en las infraestructuras. Un cambio o adaptación que, tras un sucesivo retraso de fechas, según publica un artículo de “La Vanguardia” en su versión digital con fecha 19 de Julio de 2018 en la sección local de Barcelona, debería realizarse en 14.000 máquinas validadoras en otoño de 2018 y que parece ser que no vaya a producirse.

El complemento a la solución que se ofrece en este proyecto, dentro del ámbito de la adquisición y/o compra de billetes, está basada en el novedoso método usado en la ciudad nipona.

### **Acceso a andén. Instalación de tornos**

Un factor muy importante y que de hecho ha sido el motivo principal de la elección de este tema en cuanto al Trabajo Final de Grado, ha sido el registro de billetes mediante los tornos que dan acceso al andén.

Si bien es cierto que actualmente aún podemos encontrar estaciones sin la instalación de esta serie de dispositivos de control, la idea es que todas las estaciones dispongan de ellos.

En los inicios, estos dispositivos eran representados por funcionarios del tren que se dedicaban a registrar y validar el billete adquirido. Con el paso de los años, fueron implementando dispositivos que permitían el acceso al andén, reconociendo la banda magnética de los billetes.

Actualmente, y volviendo a las dos ciudades (Madrid y Tokio) mencionadas anteriormente y que nos sirven de ejemplo de progresión, estos tornos funcionan mediante lector NFC, cosa que agiliza el procedimiento y el margen de error.

En el caso de la ciudad del sol naciente, parecen ser instalados por mero trámite. Más bien podríamos pensar que están dedicados a la gente que viene de fuera. Y es que muchos de estos tornos, tienen deshabilitadas las barreras para que fluya el tránsito de viajeros.

### **3. PROVISIÓN DE PROBLEMAS A SOLUCIONAR**

Descrito el marco conceptual nos encontramos con una sucesión de problemas detectados que, de una manera u otra, plantearemos resolver mediante una serie de implantaciones y mejoras según el caso.

Los retos a los que se enfrenta este proyecto, se han distribuido según el origen del problema causante. Es decir, encontraremos unas incidencias relacionadas con el billete físico en sí y otras relacionadas con el torno y su acceso al andén.

#### **3.1. INCIDENCIAS RELACIONADAS CON EL BILLETE FÍSICO**

Son problemas derivados del mal uso o pérdida del billete. Esto ocasiona o suele ocasionar pérdidas económicas para el usuario. Estas pérdidas pueden clasificarse de una manera u otra en función de la causa:

##### **3.1.1. Pérdidas económicas no recuperables por mal uso del billete**

Dentro del mal uso del billete encontramos cualquier tipo de acción relacionada con éste y que esté recogido en el apartado “uso indebido del servicio” incluido en las condiciones de uso del tren de “Rodalies”. Entre ellas, y como ejemplo, podemos encontrar:

- Uso de un billete personal (no transferible) de otro pasajero.
- Uso de un billete caducado.
- Uso de un billete fuera de zona o la pérdida real y física del billete.
- Falta de validación de forma inmediata del billete

Para los anteriores casos recogidos, y sin tener en cuenta posibles excepciones y/o recursos, el personal de la empresa operadora impondrá el abono del importe de la percepción mínima establecida legalmente.

### **3.1.2. Pérdidas económicas no recuperables por extravío “real” del billete**

Este tipo de pérdidas provienen del extravío u olvido del billete. El término “real” significa que no se contemplan excusas ofrecidas por el usuario y/o circunstancias extraordinarias que provoquen esa pérdida del documento.

En este aspecto, encontraremos una variante aditiva a la multa impuesta por el operador, tal y como recogía el apartado anterior. Esta variante incluye la necesidad de reemplazar el antiguo billete, por uno nuevo mediante la compra del mismo.

El motivo es que, según la normativa de “Rodalies”, la pérdida o sustracción de un billete personalizado (caso de abonos mensuales, por ejemplo) no es objeto de canje ni da derecho a obtener otro.

La explicación que da la compañía, es que la anotación de los datos del titular no consta dentro de la banda magnética y sirve únicamente a efectos de acreditación en caso de ser requerido por el personal responsable en una inspección del transporte.

## **3.2. INCIDENCIAS RELACIONADAS CON TORNOS Y ACCESO A ANDÉN**

Son problemas ocasionados en las estaciones. Concretamente en los tornos, donde hay que validar y/o registrar el billete, para acceder al andén.

En este tipo de problemas encontramos algo más valioso que las pérdidas económicas, anteriormente descritas: la pérdida de tiempo.



Una pérdida de tiempo provocada por retenciones y/o atascos en el acceso que, a su vez, conllevan un probable retraso que puede suponer la pérdida del tren o transporte.

Además, este tipo de situaciones suelen conllevar un estado de nervios y frustración que distan de la positividad, cargando toda responsabilidad en el servicio operativo.

Estas retenciones son causadas por distintos motivos, como pueden ser:

- Cúmulo de usuarios en horas punta
- Mal funcionamiento del tornó
- Mal uso del billete por parte del usuario en el proceso de validación en el tornó, introduciendo el mismo en mal estado, caducado o no válido. Otro ejemplo de retención en el tornó hace referencia a un deterioro de la banda magnética del billete.

### **3.3. INCIDENCIAS RELACIONADAS CON LA COMPRA DEL BILLETE**

Este tipo de problemas son una variante de la anterior, pero detectados en el proceso de compra en taquilla y/o máquinas expendedoras de billetes.

Así pues, también estaremos ante unas pérdidas de tiempo y sus correspondientes consecuencias ya descritas en el apartado 3.2.

En este caso, podemos observar los siguientes motivos que causan este tipo de retenciones:

- Mal funcionamiento de la máquina expendedora, incluyendo problemas en el proceso de pago.
- Retenciones en taquilla por la compra masiva de usuarios y/o retenciones por atención de información a los mismos.

## **4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO**

En este apartado, se mostrarán los objetivos que se pretenden alcanzar al finalizar este proyecto. No obstante, cabe destacar que, dentro de estos objetivos marcados, debemos clasificarlos mediante dos grupos: objetivos generales propios de la asignatura y objetivos específicos del trabajo en sí.

### **4.1. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

Extraído del plan docente, y concretamente de la información de la asignatura TFG general, los objetivos en la elaboración del proyecto son:

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la titulación.
- Realizar un proyecto en todas sus fases, seleccionando los procedimientos más adecuados para llevarlo a cabo.
- Adquirir experiencia para afrontar los retos que supone tirar adelante un proyecto completo.
- Documentar y justificar el desarrollo y el resultado del trabajo.
- Presentar el trabajo realizado.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL TFG “EnTREN”**

Con la elaboración de este trabajo, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Saber situar nuestra sociedad dentro de las Smart cities. Para ello, resolveremos el enigma propuesto en las primeras páginas.
- Adquirir conocimientos básicos sobre los *beacons*.

- Estudiar las diferentes formas de configuración de los *beacons*.
- Ofrecer mejoras e innovaciones en el funcionamiento del transporte público, aplicado concretamente en el tren de cercanías en Cataluña.
- Diseñar una estación en la que se pueda apreciar virtualmente la solución propuesta. Elemento complementario a la aplicación descrita en el punto anterior.
- Crear un prototipo de una aplicación móvil, que sirva como solución para el problema planteado.

## 5. MÉTODO PROPUESTO COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS

### 5.1. DEFINICIÓN/RESUMEN DE LA SOLUCIÓN

En el apartado anterior, describíamos los diferentes problemas que se han detectado en la situación expuesta al inicio del proyecto.

También hemos podido observar que no hay un único factor que provoque ese problema, por lo que invita a pensar que esta solución estará diseñada por distintas fases o procesos, que serán recogidos en un diagrama más adelante.

Este conjunto de fases tiene un denominador común: el uso de un *Smartphone* por parte del usuario mediante una aplicación.

Mostramos la solución propuesta en función de la causa:

- **Problemas relacionados con el billete físico. Uso, gestión y compra.**

La interfaz de la aplicación debe contener una sección destinada a la compra y gestión de billetes. Con ello, evitaremos la pérdida del billete que provoque una posible sanción por parte del personal de la empresa operadora.

Además, mediante notificaciones, es posible avisar al usuario de la inmediatez en cuanto a fecha de caducidad del billete (abonos mensuales, por ejemplo) e incluso avisar de la proximidad al fin de la cantidad de viajes contratados (tarjetas 10 viajes, por ejemplo).

La posibilidad de registro de usuarios en la aplicación, hace del uso de esta algo personal, pudiendo iniciar sesión desde cualquier dispositivo. Es decir, recordando usuario y contraseña de la aplicación, podría iniciar sesión en caso de inspección en otro dispositivo (portado por el encargado de dicha inspección) y verificar la información requerida para el uso correcto del transporte en cuestión.

- **Problemas relacionados con el acceso al andén mediante tornos.**

La aplicación en cuestión, será la encargada de registrar y validar el billete. Aquí es donde encontramos la importancia y el uso de unos pequeños dispositivos SMART llamados *beacons*, que se definirán y analizarán profundamente en apartados posteriores. Unos *beacons*, que se situarán por el recinto de la estación y separados entre sí a una cierta distancia.

Además, será creado un carril “non-stop” por el que podrán acceder los usuarios de dicha aplicación. Este carril exclusivo convivirá con el resto de tornos, hasta que esta implantación gradual no llegue a su fin, pudiendo incluso sustituir a la totalidad de los tornos. Es decir, en una estación con 10 tornos se implantará un carril “non-stop” que sustituyan a 2 de ellos y, a medida que la gente tome consciencia del sistema, se incrementará la amplitud del carril para evitar que las retenciones se provoquen en el carril exclusivo como consecuencia del creciente uso por parte de los usuarios.

El usuario al entrar en la estación realizará una búsqueda *beacon*, desde dentro de la aplicación, mediante un botón “A”. Una vez encontrado el *beacon* correspondiente (identificados con una nomenclatura única haciendo referencia a la estación a la que pertenece), se procederá a la validación mediante un botón “B”.

Validado el billete, el usuario puede ignorar los tornos habituales y proceder a avanzar sin detenerse por el carril dedicado a ello.

Este TFG se centra en la resolución de los problemas relacionados con el acceso al andén, por el tiempo y complejidad que conlleva la implantación del sistema de uso, gestión y compra del billete.

Dicha complejidad se refleja en el diagrama que se muestra en el siguiente apartado.

## 5.2. DIAGRAMA COMPLETO

A continuación, se muestra el diagrama que representa gráficamente la solución general propuesta, usando la herramienta yED Graph Editor:

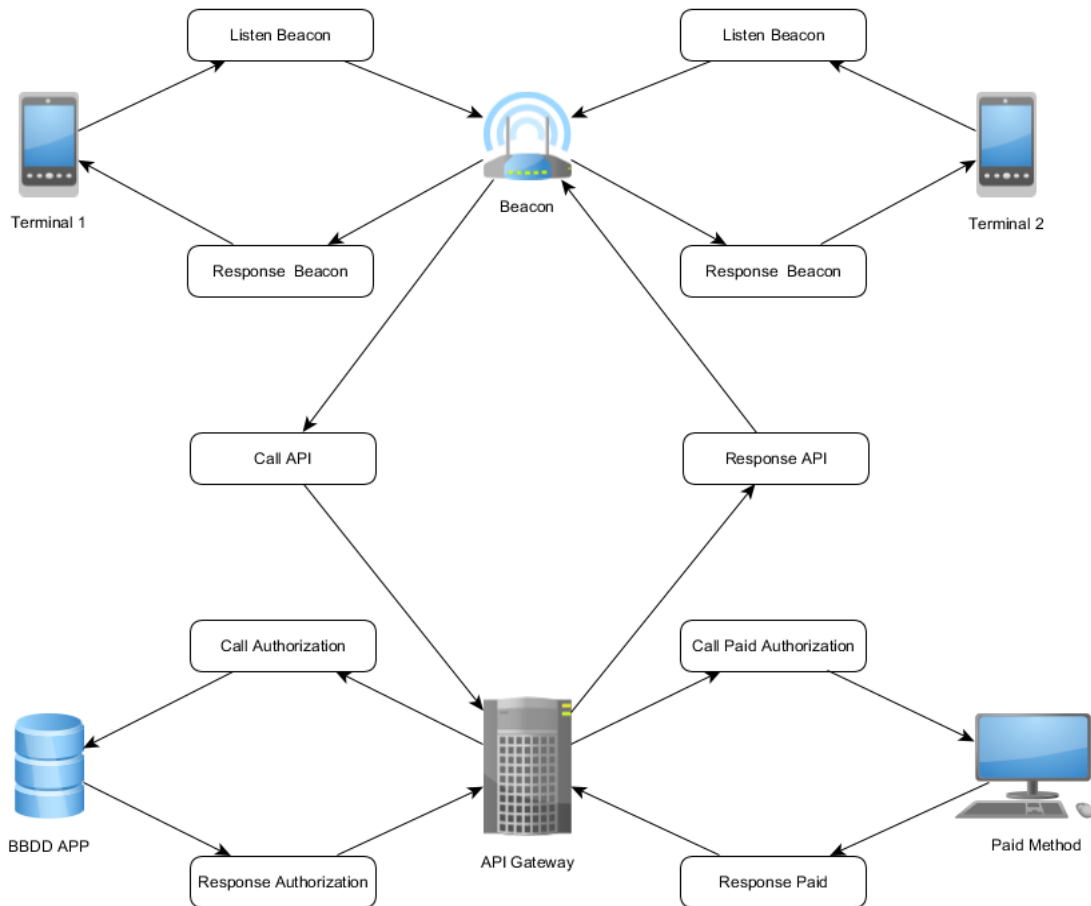


Ilustración 2. Diagrama (yED Graph Editor)

Definimos brevemente los elementos que lo conforman, así como las funciones que realizan estos.

En cuanto a elementos, encontramos los siguientes:

- **Beacon:** pequeño dispositivo de bajo consumo responsable de emitir una señal continua e interactuar con el Smartphone. En próximos apartados se detallará más su definición, así como sus características y usos.

- **Terminal:** dispositivo electrónico para interactuar con los beacon. En este TFG, un terminal corresponde a un Smartphone cuyas características deben ser compatibles con los beacon.
- **Application Program Interface (API) Gateway:** elemento que actúa como un único punto de entrada para un grupo definido de micro servicios. Entre sus funciones más importante nos encontramos la autenticación, el cumplimiento de la política de seguridad, el balanceo de carga o la gestión de la caché.
- **Paid Method:** hace referencia al método de pago y su interacción con la API Gateway. Actualmente conviven tres formas de pago aceptadas por Internet como son el pago con tarjeta de crédito, el pago con dinero electrónico y el pago con tarjetas prepago.
- **BBDD App:** base de datos que almacena información de cada usuario, así como el registro del mismo. Es importante que, en acceder, la aplicación reconozca los datos propios del usuario, los datos de pago almacenados y los productos adquiridos.

Y en cuanto a las funciones, encontramos las siguientes:

- **Listen Beacon:** función o método que pone en modo escucha al beacon. Es decir, abren un puerto en red y esperan a que un cliente o terminal se conecte al mismo.
- **Response Beacon:** respuesta que ofrece el beacon al intento de conexión por parte del cliente o terminal.
- **Call API:** llamadas realizadas a un servidor, por la aplicación que usa API. Entre estas llamadas podemos encontrar, por ejemplo, la función de registrar usuario, consultas, guardados u otras operaciones.
- **Response API:** respuesta que recibe el beacon, desde la pasarela API, de la Call API realizada.

- **Call Authorization:** llamada de autorización explícita que realiza la pasarela API hacia la aplicación que gestiona la base de datos para comprobación.
- **Response Authorization:** respuesta que recibe la pasarela API desde la aplicación de base de datos. Se espera una respuesta de “autorizado” o “no autorizado”.
- **Call Paid Authorization:** llamada de autorización de pago, hacia el método de pago en cuestión.
- **Response Paid:** respuesta que recibe la pasarela API desde la plataforma o método de pago correspondiente. Se espera una respuesta de “autorizado” o “no autorizado”.

Como ya se indicaba en los inicios de la memoria, este proyecto se centrará en una parte de este diagrama, por temas de tiempo de dedicación y entregas.

Esta parte corresponde a la comunicación entre los beacons y los terminales de usuarios, como se muestra en el diagrama siguiente:

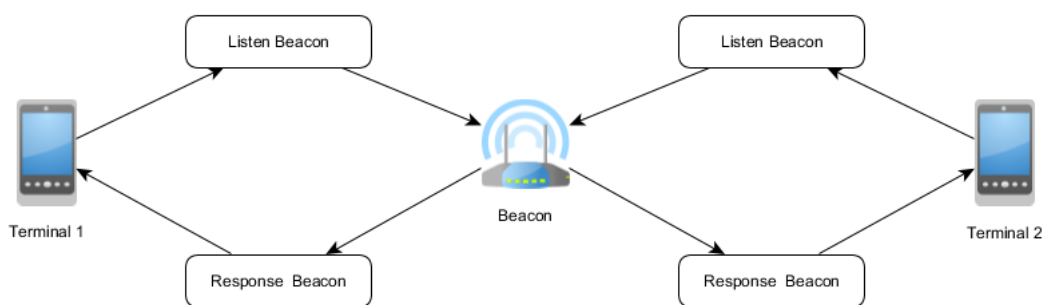


Ilustración 3. Diagrama parcial (yED Graph Editor)

Acotado el diagrama, es el turno de sumergirse en el mundo de los elementos principales que lo componen, como son los beacons, y de la interactividad con los terminales.



## 6. BEACONS

Este proyecto está focalizado en el uso de una nueva tecnología, cuyo origen reside en unos dispositivos llamados beacon, aplicada en el ámbito del transporte público. Dentro del presente apartado se puede encontrar una breve descripción acerca de lo que significan los beacons (incluyendo sus protocolos), los usos o aplicaciones principales, así como los requisitos técnicos y configuraciones para hacerlos funcionar.

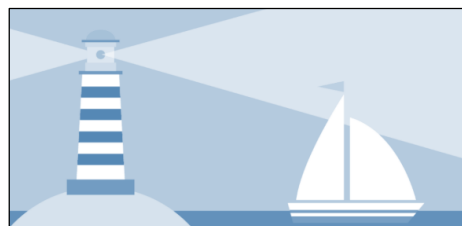
### 6.1. DEFINICIÓN DE BEACON

Un beacon es un dispositivo que, aprovechando un tipo de tecnología llamada Bluetooth Low Energy o BLE, emite periódicamente señales en forma de mensajes o avisos y estos a su vez son recibidos por un terminal móvil sin necesidad de sincronización previa. A partir de estas señales recibidas, permite a los Smartphone realizar acciones específicas cuando se encuentren cerca.

BLE trata de una red inalámbrica diseñada y comercializada por Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) con el propósito de ofrecer un menor consumo energético y en consecuencia un menor coste económico en su implantación.

Estas y otras características hacen de los beacon, una atractiva puesta en escena. Aplicadas en los beacons, podemos observar que estos dispositivos pueden ser alimentados mediante una pila de botón, proporcionando con ésta una vida de entre 6 meses y 10 años aproximadamente dependiendo el modelo y frecuencia de uso, que se analizará en futuros apartados.

La palabra beacon es un anglicismo que significa “faro” en español. El motivo no es otro que la similitud que presenta a la hora de emitir una señal, sólo que en el faro la emisión es luminosa y sirve, para que sea vista e interpretada por los navegantes. En el caso de los beacon, estos navegantes serán los usuarios de Smartphone.



*Ilustración 4. Emisión faro*

A continuación, se muestran un par de imágenes del beacon adquirido para su estudio y posterior desarrollo del proyecto. Una primera imagen que corresponde a la parte superior o frontal del dispositivo, y una segunda imagen que ofrece una vista posterior del mismo y en la que se puede apreciar el acceso al cambio de batería o pila.



Ilustración 5. Beacon (cara superior)



Ilustración 6. Beacon (cara inferior)

El modelo elegido, por motivos económicos y la finalidad explícita de su uso, ha sido el JO-BEC09 de la marca JINOUE. Las especificaciones técnicas son las siguientes:

CARACTERÍSTICA	VALOR
<b>Firmware</b>	jBeacon v15.0.0
<b>Tipo de Batería</b>	CR2032
<b>Chipset</b>	TI CC2540 / CC2541
<b>Frecuencia de Operación</b>	2400-2483,5 MHz (programable)
<b>Error de Frecuencia</b>	+/- 20 kHz
<b>Modulación</b>	Q-QPSK
<b>Corriente de Espera</b>	46 uA (depende del ciclo)
<b>Frecuencias de Radiodifusión</b>	2 s
<b>Potencia de Salida</b>	0 dBm predeterminado (programable)
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	-93 dBm en modo alta ganancia
<b>Distancia de Transmisión</b>	50 m aproximadamente
<b>Antena</b>	50 ohm
<b>Voltaje de la Operación</b>	2,2-3,6 V en DC

Tabla 1. Especificaciones técnicas JO-BEC09. Elaboración propia con datos extraídos de <https://spanish.alibaba.com>

## 6.2. USO DE LOS BEACONS

Respecto al uso que se le puede dar a estos dispositivos, tiende a ser infinito, incluyendo un sinnúmero de situaciones.

El programador de la aplicación que interactúe con éstos, será quien marque las limitaciones de estos.

No obstante, cabe hacer hincapié en una serie de usos principales (o mejores usos según el portal digital “borealtech.com”), que tienen como denominador común el marketing, la información y la localización.

- **Uso en eventos:** permiten enviar información del evento en cuestión a los asistentes, así como ofertas y ubicaciones relacionadas con el área donde se encuentren.
- **Uso en centros comerciales y negocios en general:** básicamente está relacionado puramente con el marketing. El usuario recibirá mensajes personalizados, dependiendo de la cercanía que el usuario tenga hacia un beacon u otro.
- **Uso en zonas turísticas:** permiten ubicarse a los usuarios que hagan turismo, a través de localizaciones de sitios que tengan instalado beacons.
- **Check-in:** permiten confirmar la proximidad al evento, negocio o ubicación donde se encuentre el beacon. Utilidad o aplicación en la que se basa este proyecto.

## 6.3. PROTOCOLOS DE EMISIÓN

Un factor muy importante en la elección del dispositivo, es el tipo de protocolo que usa en su transmisión. Actual y mundialmente, se pueden reconocer dos grandes grupos en el mundo de los Smartphone: Android de la compañía Google e iOS de Apple.

### 6.3.1. Eddystone

Para Android se encuentra el protocolo **Google Eddystone**, cuyo código es abierto y cuenta con la ventaja de que su sistema operativo es utilizado por el 80% de los Smartphone. Además, le acompaña el poder integrarlo en multitud de aplicaciones como son el navegador web Google Chrome o el servidor de aplicaciones de mapas en la web. Con este protocolo, un beacon puede emitir los siguientes tipos de paquetes:

- **Eddystone-UID:** contiene un identificador de un beacon.
- **Eddystone-URL:** contiene una URL.
- **Eddystone-TLM:** complemento para los dos tipos de paquetes indicados anteriormente que añade, por ejemplo, el estado de la batería del beacon.
- **Eddystone-EID:** contiene un ID encriptado que cambia periódicamente.

### 6.3.2. iBeacon

El siguiente protocolo que nos encontramos es el correspondiente a la conocida empresa de “la gran manzana”, llamada Apple.

iBeacon está considerado como el protocolo que introdujo la tecnología BLE, anteriormente comentada, a nivel mundial y define tres parámetros:

- **UUID:** parámetro de 16 bytes que los desarrolladores deben asignar su aplicación. Identifica un grupo.
- **Major:** parámetro de 2 bytes que identifica un subgrupo de beacons dentro de un grupo más grande.
- **Minor:** parámetro de 2 bytes que identifica un beacon específico.

A través de estos parámetros, desde el protocolo iBeacon se puede identificar el radio de acción o región a través de los siguientes métodos:

- Una única UUID.
- Una UUID y un valor Major.
- Una UUID, un valor Major y un valor Minor.

Para entender mejor este concepto, se expone un ejemplo relacionado con este proyecto:

La empresa española RENFE adquiere para la implantación de esta propuesta, y a modo de prueba, 100 beacons para abarcar la estación de Sants, en Barcelona.

Estos tendrán la misma UUID con el nombre de la estación, con la finalidad de dar a conocer que la empresa ferroviaria es propietaria de esos dispositivos.

Dada la magnitud de la estación, y para hacer posible una validación remota a lo largo del perímetro, se distribuyen uniformemente 10 dispositivos por arista (imaginémosla cuadrada).

Cada grupo de 10 beacons, tendrán un parámetro mayor en común que los agrupe según el punto cardinal en el que estén. Es decir, se pueden clasificar en Norte, Sur, Este u Oeste.

Finalmente, el menor será el parámetro responsable de identificar al beacon específico de esa arista.

### 6.3.3. Diferencia jerárquica y funcional entre iBeacon y Eddystone

Para comparar los dos principales protocolos existentes en la actualidad, y haciendo uso del ejemplo anterior, se muestran dos esquemas funcionales:



Ilustración 7. Esquema funcional iBeacon



Ilustración 8. Esquema funcional Eddystone

La gran diferencia que se puede observar entre ambos protocolos, es la no existencia de un valor *minor* en el protocolo Eddystone. En sustitución de este elemento, encontramos el uso de una instancia para diferenciar los beacons, especificando cual es el que se desea.

### 6.3.4. Otros protocolos

Dejando de lado los dos gigantes tecnológicos, encontramos otros protocolos que pese a no tener todo el apoyo del que disponen Eddystone y iBeacon, merecen ser nombrados. Un caso de ellos puede ser **AltBeacon**. Desarrollado por Radius Networks, este protocolo se presentó como alternativa a iBeacon de Apple, conservando las mismas funcionalidades, pero con una mayor capacidad para entregar más información por mensaje.

A modo de recordatorio, y una vez vistos y definidos los diferentes tipos de protocolos, cabe indicar que el protocolo usado para las diferentes y futuras pruebas ha sido el protocolo Eddystone de Google, dado el tipo de terminal móvil en propiedad (Android).

## 6.4. REQUISITOS TÉCNICOS

A la hora de trabajar con beacons, los terminales usados deben cumplir una serie de requisitos técnicos para poder hacer uso de ellos. Estos se detallan, teniendo en cuenta el tipo de Bluetooth requerido y el hardware, en cuanto a terminal móvil, que lo hace compatible.

### 6.4.1. Tipos de Bluetooth

Los beacons operan con la tecnología Bluetooth en su versión 4.0 o posterior. Para entender el requisito, se ofrece un gráfico relacional entre variantes de clases o versiones:

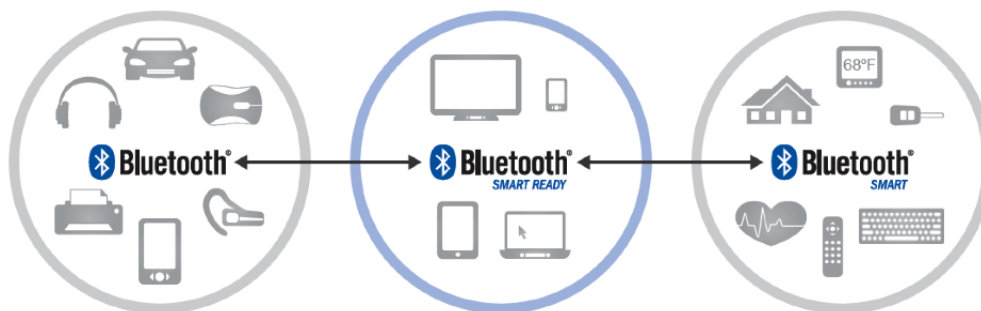


Ilustración 9. Relación entre clases de Bluetooth. Recuperado de <https://vngiotlab.github.io>

Como se puede apreciar, esta comparativa divide la tecnología Bluetooth en tres tipos:

- **Bluetooth Classic:** compatible con los estándares 2.x y 3.x. Usado por dispositivos inalámbricos tradicionales en transmisiones de rico contenido como video o audio.
- **Bluetooth Smart:** compatible con los estándares 4.x. Usado por dispositivos tipo sensores, capaces de enviar pequeños bits de datos, usando muy poca energía. Entraría aquí el concepto de BLE ya comentado a lo largo del proyecto y al que pertenecen los dispositivos protagonistas del mismo, como son los beacons.

- **Bluetooth Smart Ready:** a diferencia de los dos anteriores, este tipo de Bluetooth dispone de chip dual y es considerado como el “centro de tu mundo inalámbrico”, por poderse conectar con los dos tipos de Bluetooth anteriores.

A través de la imagen anterior, también se puede clasificar la compatibilidad entre estos distintos tipos de Bluetooth.

Los dispositivos, ya sean Bluetooth Classic, Bluetooth Smart o Bluetooth Smart, son compatibles con los pertenecientes a su misma familia.

Además, veremos compatibilidad y conectividad recíproca entre los dispositivos Bluetooth Smart Ready y cualquiera de los dos tipos restantes.

En cambio, entre los dispositivos con la tecnología Bluetooth Classic y Bluetooth Smart, no habrá comunicación, anulando así la compatibilidad entre estos dos tipos.

#### **6.4.2. Hardware**

En cuanto al hardware, sabemos por el requisito anterior que los dispositivos móviles, para comunicarse con los beacons, necesitan soportar la versión de Bluetooth 4.0 o posterior.

Clasificando estos dispositivos móviles según usen los sistemas operativos iOS o Android, los primeros deberán soportar iOS 7 o superior (iPhone 4s en adelante) y los terminales con el sistema operativo de Google necesitarán tener instalada la versión 4.3 (API 18).

Complementando el recordatorio del punto 6.3, donde se indicaba que el protocolo elegido es el Eddystone de Google, cabe añadir que el terminal o hardware con el que se opera en esta memoria es un Huawei P20 con sistema operativo Android 8.1.



## **6.5. POSIBILIDADES DE CONFIGURACIÓN DEL BEACON (POC)**

A la hora de configurar un beacon, de manera general, se pueden encontrar dos escenarios. Una configuración sobre el dispositivo en cuestión, y una configuración virtual a través de una aplicación que simula los beacons.

El objetivo de este apartado es mostrar, de manera práctica, que ofrecen cada uno de estos escenarios y así poder comparar el grado de personalización que permiten. Se describen ambas opciones de configuración a continuación:

### **6.5.1. Configuración de un beacon virtual a través de aplicaciones**

Para este propósito se requiere otro terminal móvil, que actuará de emisor una vez configurado.

La aplicación seleccionada para este propósito ha sido Beacon Simulator. Una aplicación que podemos encontrar en la Google Play Store, una plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles para dispositivos con sistema operativo Android.

Beacon Simulator es una aplicación que tiene como objetivo, transformar un terminal Android, en un transmisor beacon BLE virtual.

La finalidad de esta aplicación es, básicamente, ayudar a los programadores de aplicaciones que usen la tecnología beacon BLE, aportando mayor flexibilidad en comparación a las configuraciones de beacons reales.

Entre sus características, destacan:

- Compatibilidad de transmisión con los protocolos iBeacon, Eddystone y AltBeacon.
- Soporte en Eddystone para URL, UID, TLM (sin cifrar) y EID.

- Función de guardado en las configuraciones.
- Escaneo de beacons cercanos.
- Herramienta de diagnóstico que indica la capacidad de transmisión posible en el terminal.

Iniciando la aplicación encontramos la siguiente interfaz, dividida en dos apartados con sus correspondientes funciones: la primera que actúa de simulador, y la segunda que ejerce de escáner de beacons:

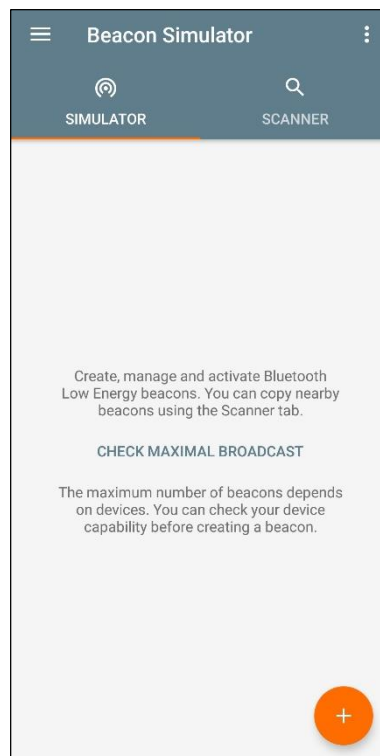


Ilustración 10. Beacon Simulator - Interfaz inicial

Obviando el apartado de “escaneo” y centrándonos en el simulador, se crea un transmisor virtual pulsando el botón de añadir.

Este botón está situado en la parte inferior derecha, representado con el símbolo “+” y el fondo naranja.

Aparecerá un listado en el cual se podrá seleccionar el tipo de beacon que se desea crear, tal y como se muestra en la siguiente ilustración:

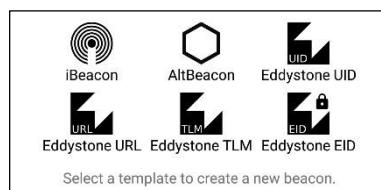


Ilustración 11. Beacon Simulator - Selección tipo de beacon

Seleccionaremos el protocolo Eddystone y, por ejemplo, elegiremos el tipo o modo UID. Aparecerá el menú de configuración de dicho protocolo/modo con sus correspondientes opciones editables:

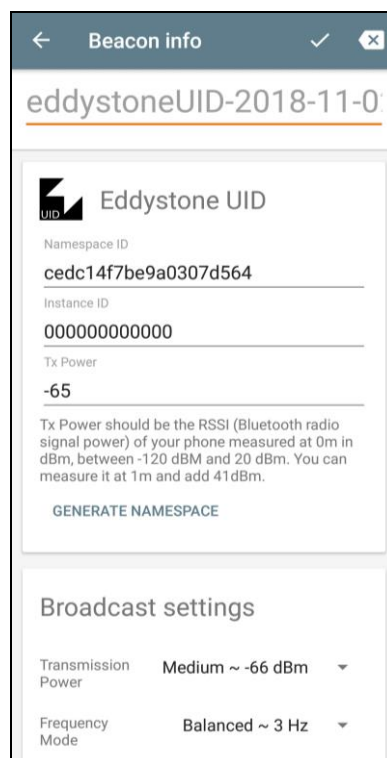


Ilustración 12. Beacon Simulator - Opciones Eddystone UID

En la figura anterior se pueden identificar dos bloques, correspondientes a la configuración del UID (Eddystone UID) y las opciones de transmisión (Broadcast settings). Dentro del primer apartado, se hayan conceptos que ya fueron definidos en el apartado 6.2.1 de este proyecto, como son el nombre descriptivo del beacon, el “Namespace ID” (del que el simulador nos ofrece la posibilidad de generar uno

aleatorio) y el “Instance ID”, además del parámetro “TX Power” o potencia de transmisión que debe ser el RSSI (indicador de fuerza de la señal recibida) del teléfono medurado en 0m y expresado en dBm. Se adjuntan unas capturas de pantalla de estos parámetros con sus correspondientes valores establecidos:

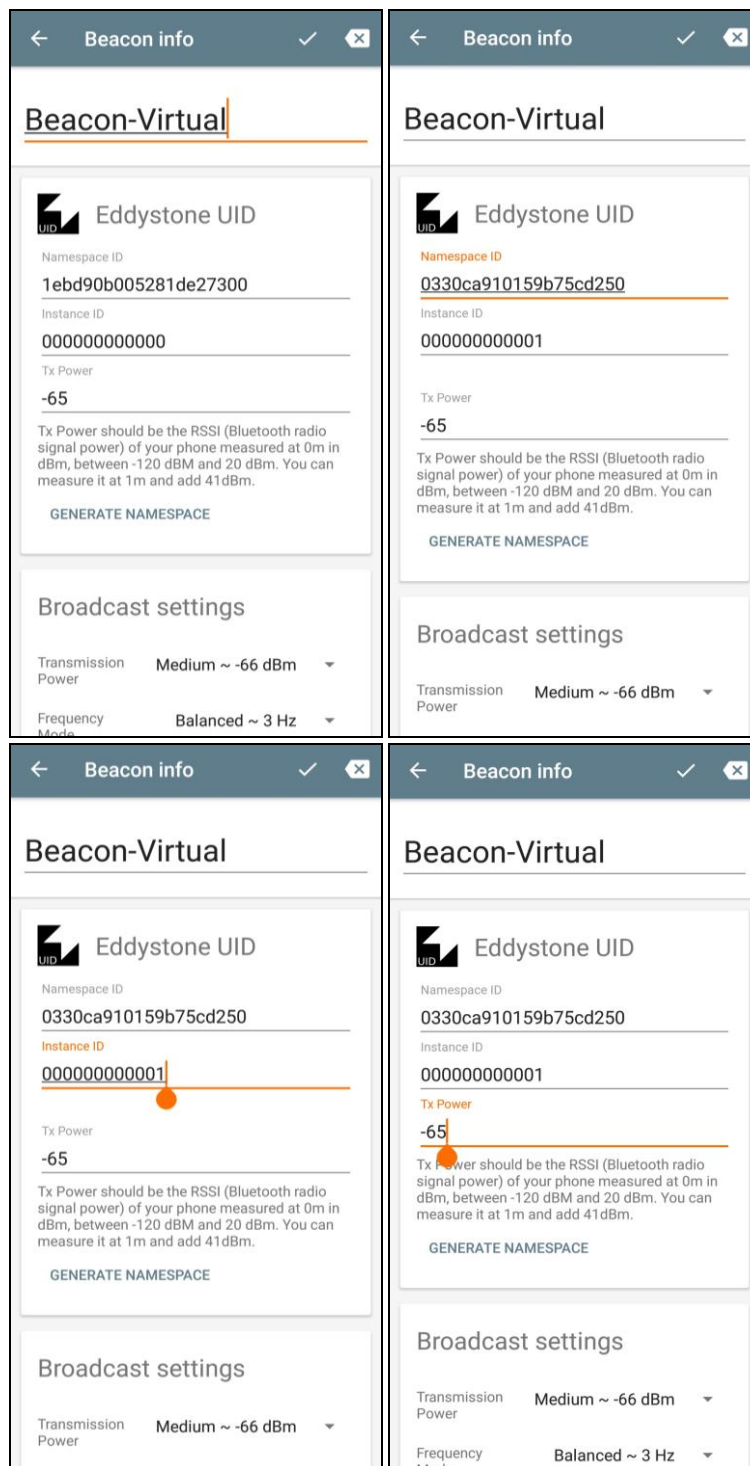


Ilustración 13. Beacon Simulator - Configuración de parámetros Eddystone UID

En cuanto al segundo bloque, referente al “Broadcast settings” o “configuración de transmisión”, existen dos parámetros configurables como son la “potencia de transmisión” y el “modo de frecuencia”. En las siguientes dos capturas se muestran los listados que ofrecen cada uno de los términos:

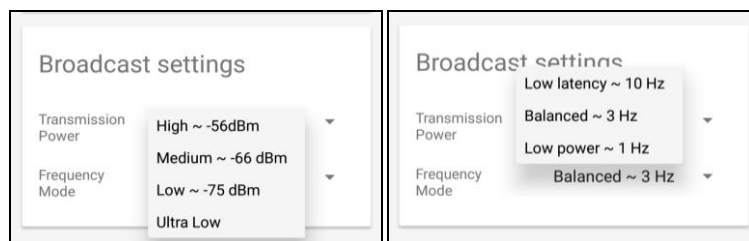


Ilustración 14. Beacon Simulator - Configuración de parámetros de transmisión

Finalizada la configuración, pulsando sobre el “visto” que aparece en la parte superior derecha de las capturas, automáticamente se guardará el beacon virtual generado como se puede observar en la captura que prosigue:

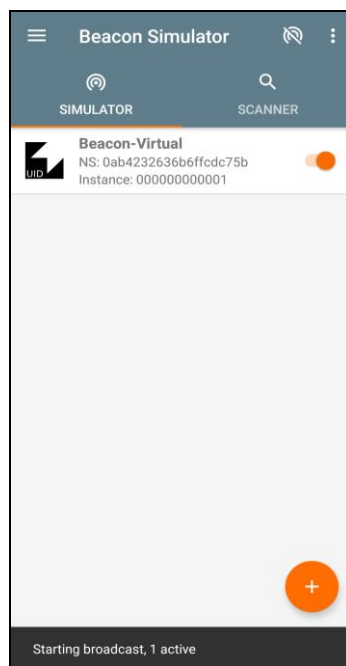


Ilustración 15. Beacon Simulator - Beacon virtual generado

El interruptor, que aparece al lado derecho del beacon generado, es el responsable de activar o desactivar la transmisión del mismo. En la parte inferior de la captura, se puede apreciar como la transmisión se encuentra iniciada con un único dispositivo activo.

### 6.5.2. Configuración mediante aplicación propia del beacon real adquirido

Con la adquisición del beacon en cuestión, el fabricante envía una memoria USB incluyendo el manual de usuario y los programas de testeo y/o configuración.

Para dispositivos Apple, se adjunta un archivo de texto en el que se recomienda la descarga e instalación de la aplicación “BeaconParameterSet” desde la tienda de aplicaciones de Apple o Appstore. Para los dispositivos Android, el fabricante adjunta una aplicación en formato “apk” llamada “SetBeaconParameter”. Esta última opción es la elegida para configurar el beacon físico. Una vez iniciada la aplicación en su versión Android, aparece la siguiente interfaz:

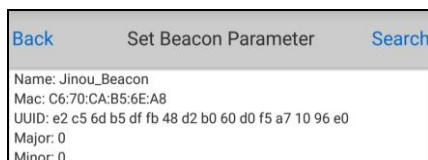


Ilustración 16. SetBeaconParameter - Pantalla selección de beacon

Automáticamente, el programa realiza una búsqueda de beacons cercanos y, como se puede apreciar, encuentra el dispositivo adquirido correspondiente al fabricante Jinou. Pulsando sobre el dispositivo encontrado, se accede a la siguiente pantalla:

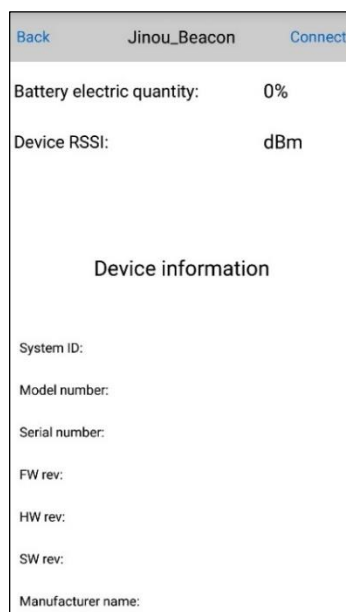


Ilustración 17. SetBeaconParameter - Comunicación con beacon seleccionado

Acto seguido se procede al emparejamiento, usando como PIN el 000000, del beacon y el terminal, a través del botón “Connect”. El proceso es detallado en las siguientes dos capturas de pantalla:

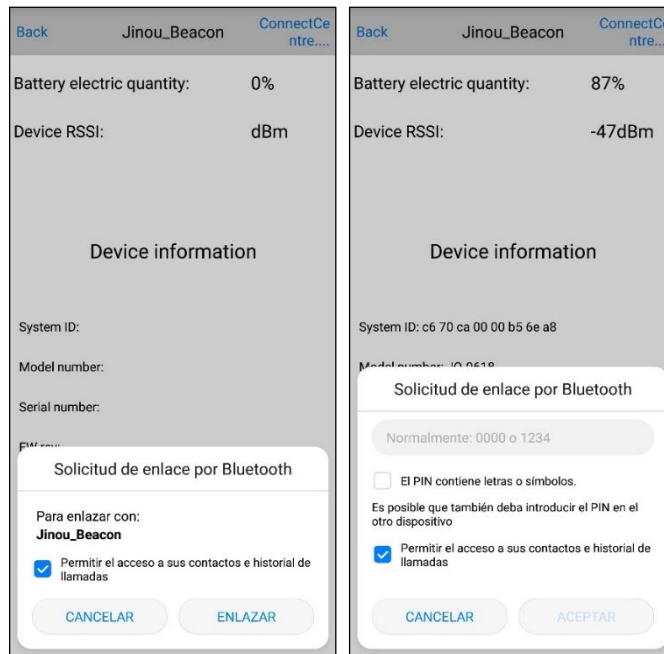


Ilustración 18. SetBeaconParameter - Emparejamiento con beacon

Como resultado, tenemos una conexión establecida entre ambos dispositivos. Muestra de ello es la información general que recibe del beacon, y que se expone a continuación:



Ilustración 19. SetBeaconParameter - Información del dispositivo (beacon)

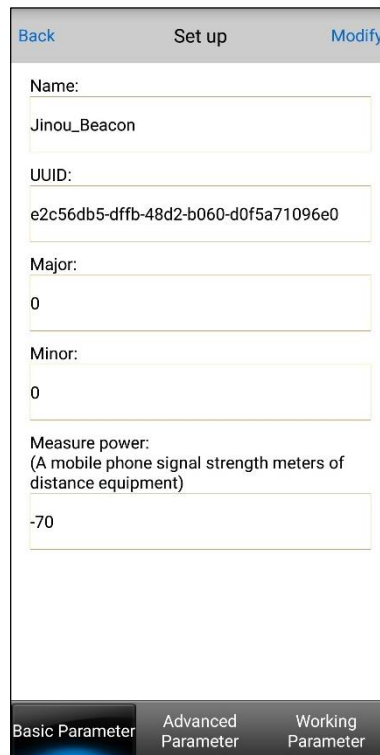
Con el emparejamiento hecho, podemos observar que en la parte superior derecha aparece un botón “Setup” (configuración) que nos permitirá establecer los valores de diversos parámetros, clasificados en tres grupos.

### Parámetros Básicos

Como su nombre indica, recogen parámetros básicos como el nombre, el UUID, mayor, minor y potencia de medida, que ya se han definido en apartados anteriores.

Para guardar los cambios, una vez finalizada la edición de los parámetros deseados, hay que pulsar sobre el botón “Modify” (modificar) situado en la parte superior derecha de la pantalla.

Con la opción “Back” (volver), situado en la parte posterior izquierda, se retrocede hacía la pantalla anterior.



The screenshot shows a mobile application interface for configuring beacon parameters. At the top, there are three buttons: 'Back' on the left, 'Set up' in the center, and 'Modify' on the right. Below these buttons, there are five input fields, each with a label and a value:

- Name:** Jinou\_Beacon
- UUID:** e2c56db5-dffb-48d2-b060-d0f5a71096e0
- Major:** 0
- Minor:** 0
- Measure power:** (A mobile phone signal strength meters of distance equipment) -70

At the bottom of the screen, there is a dark bar with three tabs: 'Basic Parameter' (which is highlighted with a blue glow), 'Advanced Parameter', and 'Working Parameter'.

Ilustración 20. SetBeaconParameter - Parámetros básicos



### Parámetros Avanzados

Dentro de estos parámetros avanzados, se encuentran la potencia de transmisión local, la contraseña con la que podamos acceder a configurar el dispositivo, el intervalo o frecuencia de transmisión, la fecha/hora del sistema y el tiempo de trabajo del dispositivo.

Se ha modificado el tiempo de trabajo, dividido en los correspondientes días de la semana, teniendo en cuenta los horarios en los que suele prestar servicio el transporte público.

Limitando el tiempo de trabajo, se disminuye el consumo energético del beacon.

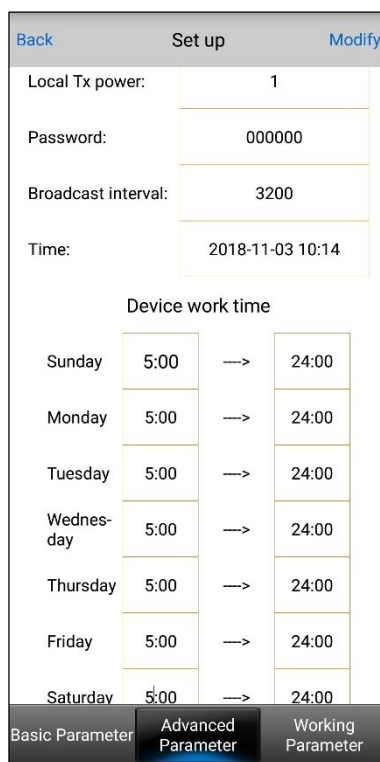


Ilustración 21. SetBeaconParameter - Parámetros avanzados

Como podemos observar, esta modificación ha sido con un horario de trabajo entre las 5 horas de la mañana y las 24 horas de la noche. Si se intenta realizar una búsqueda del beacon fuera de este horario, se podrá observar como éste está inhabilitado.

## Parámetros de Trabajo

Por último, encontramos una serie de parámetros, también vistos con anterioridad, necesarios para que el dispositivo pueda empezar a trabajar:

- **Beacon Working Mode:** selección y/o protocolo en el que trabajará el beacon
- **Protocol Working Mode:** depende del protocolo elegido (Eddystone en la imagen), ofrece la posibilidad de elegir entre los modos UID o URI.
- **Eddystone\_URL:** parámetro usado en caso de elegir el modo URL. El valor (dirección web) insertado, se toma como destino en la transmisión.

The screenshot shows a mobile application interface for setting up a beacon. At the top, there are three buttons: 'Back', 'Set up', and 'Modify'. The main content area is titled 'Beacon working mode:' and contains two radio button options: 'iBeacon' (unchecked) and 'Google eddystone' (checked). Below this is an orange button labeled 'UID and URI broadcast interval setup'. Underneath is the section 'Google eddystone working mode:' with two radio button options: 'UID mode' (checked) and 'URI mode' (unchecked). There are three text input fields: 'NamespaceID:' with the value '12345aaaaa12345aaaaa', 'InstanceID:' with the value '000000000001', and 'Eddystone\_URI:' with the value 'http://www.uoc.edu'. At the bottom of the screen, there are three tabs: 'Basic Parameter', 'Advanced Parameter', and 'Working Parameter', with 'Working Parameter' being the active tab.

Ilustración 22. SetBeaconParameter - Parámetros de trabajo

## 7. DISEÑO / SIMULACIÓN DE UNA ESTACIÓN

A lo largo del proyecto se han definido, a nivel teórico, los elementos y tecnologías que participan en esta idea que nace como solución a un problema cotidiano.

Palabras como beacon o bluetooth, han sido una constante durante la redacción de esta memoria. Para facilitar su comprensión, se han acompañado estos términos de imágenes, capturas, esquemas y diagramas.

También se han descrito el uso y/o aplicaciones de estos elementos y el objetivo específico de este TFG. No obstante, hay que considerar la idea de representar este objetivo de manera más gráfica.

Esta representación está compuesta por el diseño virtual de una estación con la implementación de la solución, y de una aplicación intuitiva que interactúe dentro de esta simulación.

En este capítulo, se analizará el diseño virtual de la estación, explicando los componentes que lo conforman y el uso o funcionamiento de los mismos.

El diseño de la estación se ha querido dividir en tres fases, teniendo en cuenta su implantación progresiva. Así pues, nos encontraremos los siguientes 3 escenarios:

1. **Diseño de estación virtual básica:** constará de una visión general en 3D de una estación y la correspondiente descripción de los componentes básicos que la componen.
2. **Diseño de estación virtual con tránsito de usuarios:** al diseño anterior se añade la simulación de tránsito de personas en la estación, durante la implantación inicial de la solución propuesta en el proyecto.
3. **Diseño de estación virtual con implantación avanzada:** este último escenario nos muestra la intención de la progresión en la implantación.

## 7.1. DISEÑO DE ESTACIÓN VIRTUAL BÁSICA

En esta primera toma de contacto con el diseño virtual de la estación, se ofrece una vista desde diferentes ángulos:

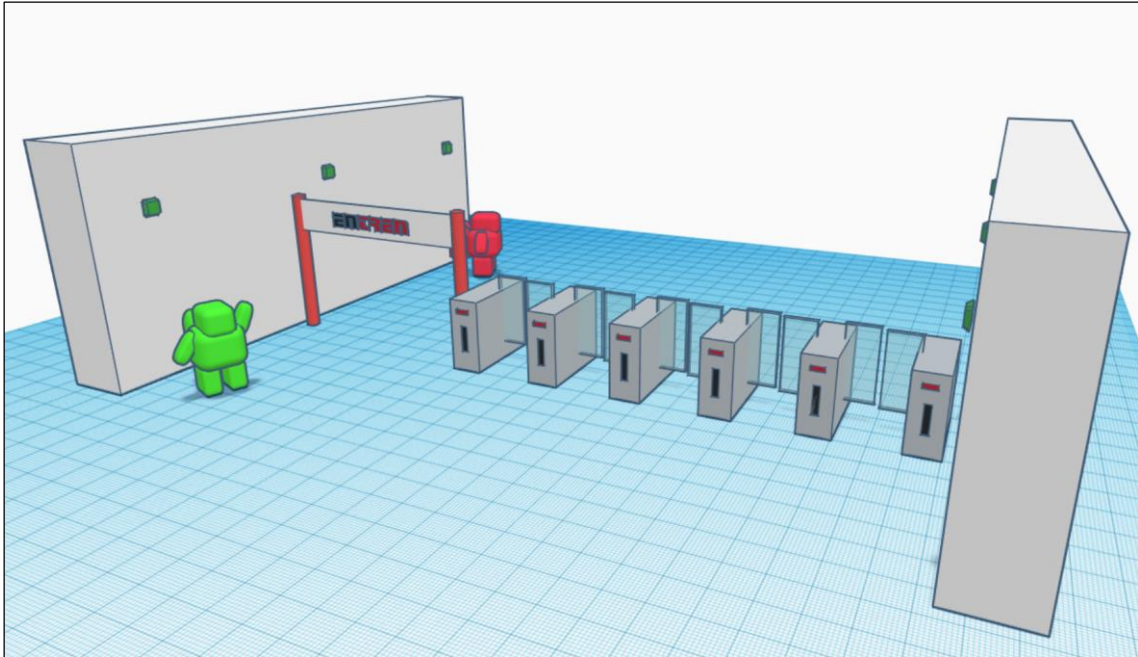


Ilustración 23. Estación virtual básica - Vista anterior

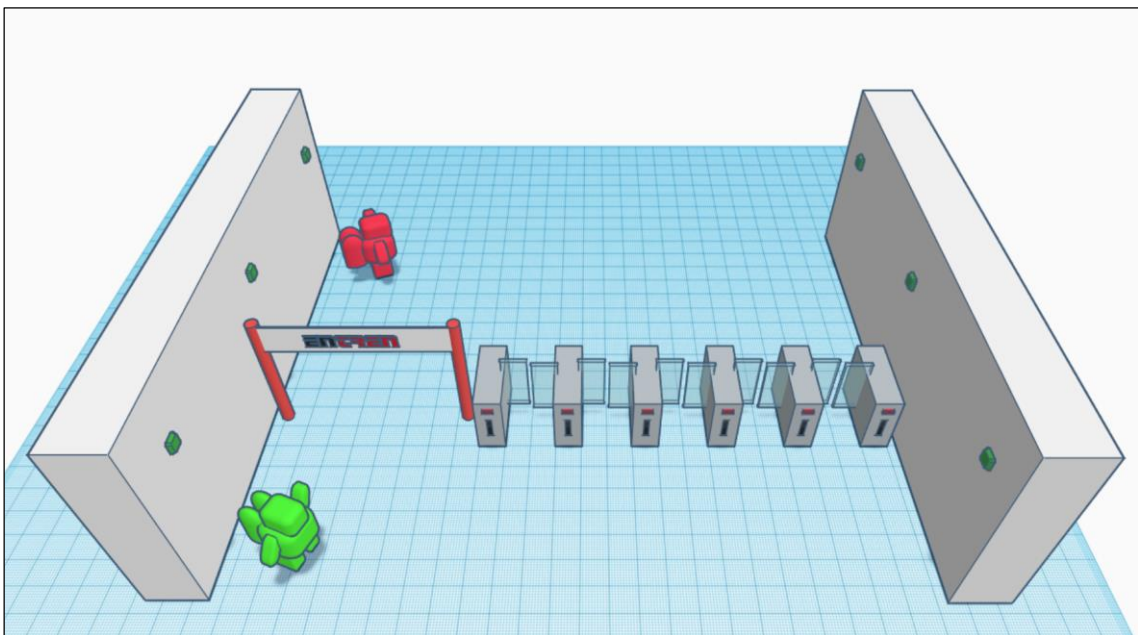


Ilustración 24. Estación virtual básica - Vista superior

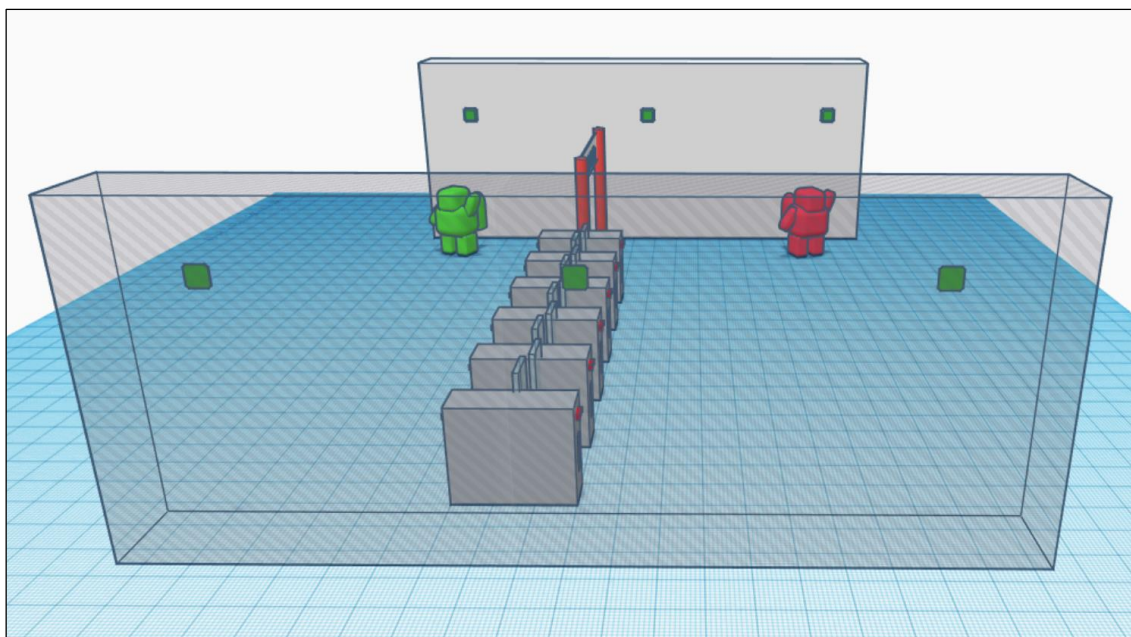


Ilustración 25. Estación virtual básica - Vista lateral

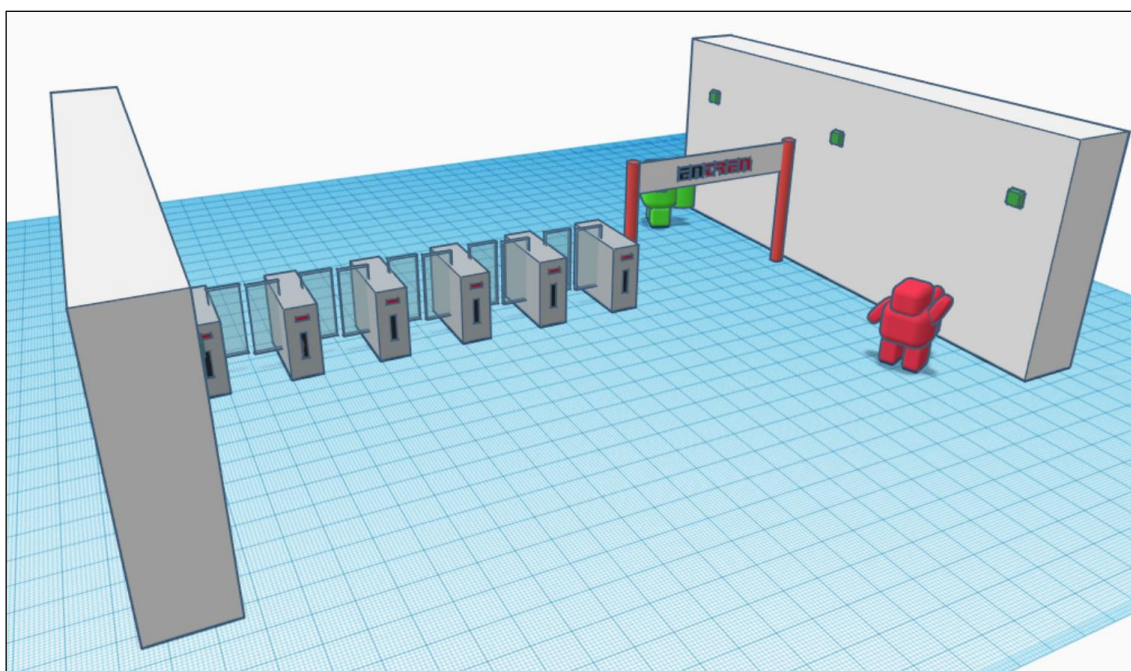


Ilustración 26. Estación virtual básica - Vista posterior

Dentro de esta simulación, se pueden identificar una serie de elementos de los que se ofrece su correspondiente definición y función durante los siguientes apartados.



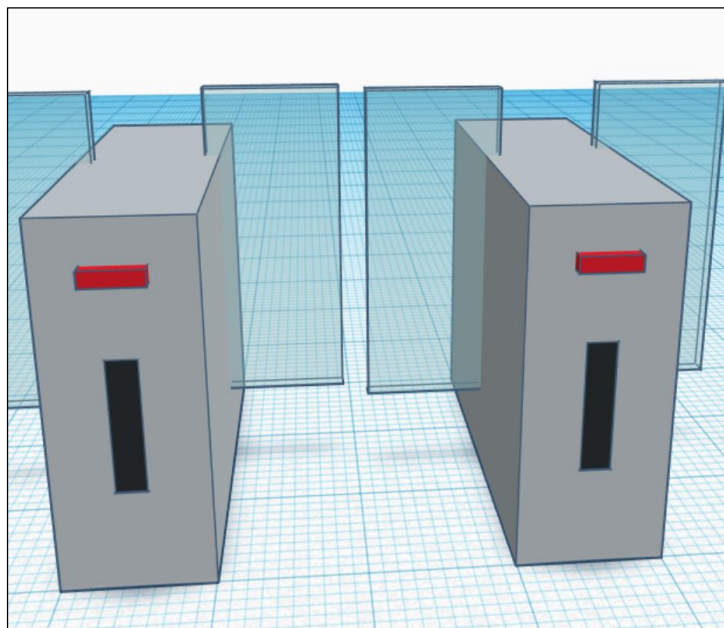
### 7.1.1. Máquinas validadoras

Las máquinas validadoras son unos dispositivos de sellado automático cuya función es la dar validez legal al documento o billete que el usuario ha adquirido.

Probablemente sea el elemento del proyecto que más controversia haya creado, además de ser la motivación para la elaboración del mismo.

El punto débil de estas máquinas, dejando a un lado posibles fallos o anomalías en su funcionamiento, se halla en la única función (validar) que ofrece. Incapaces de reconocer el título o billete personal, solamente se centra en reconocer un documento legítimo, por lo que no quedará registrado realmente el usuario que hace uso de la misma.

Otro factor a tener en cuenta, y que ya se anunciaba en el anterior párrafo, es el embudo que produce en el tránsito de usuarios en caso de anomalía. Estas anomalías pueden ser debidas al mal uso del billete en la introducción del mismo dentro de la ranura roja que podemos observar en la imagen inferior, así como un fallo en el mecanismo de apertura de puertas de cristal, también representadas en la imagen.



*Ilustración 27. Elementos de la estación virtual básica - Máquinas validadoras*

### 7.1.2. Carril exclusivo 'non-stop'

Este carril representa la solución visible en cuanto a diseño de la estación. El paso por esta vía no tendrá elemento alguno de detención y únicamente estará a expuesto a revisión aleatoria por parte del personal operario encargado de dicha acción. Su función es no obstaculizar a los usuarios en su acceso al andén, y salida de este.

Para este elemento se han provisto dos perspectivas que simbolizan ambas direcciones en función de la entrada o salida, con sus respectivos revisores. De manera visual, se han clasificado la entrada al andén con un operario de color verde en la primera imagen, y un operario de color rojo en la segunda imagen haciendo referencia a la salida del andén.

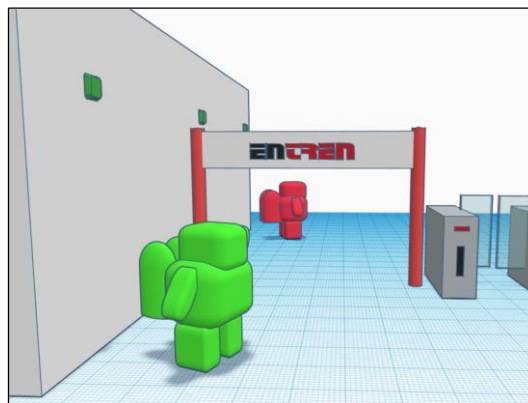


Ilustración 28. Elementos de la estación virtual básica - Vista carril de entrada

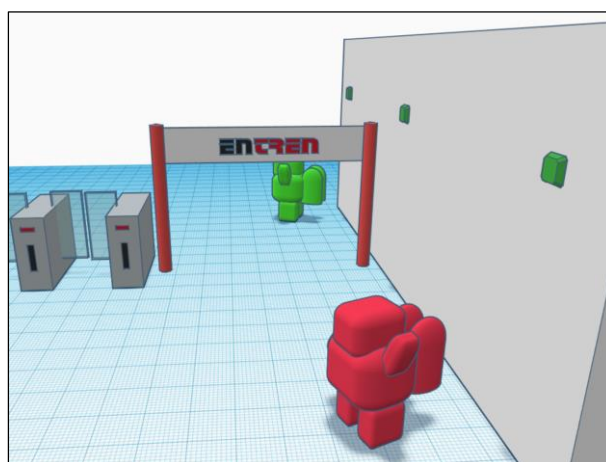


Ilustración 29. Elementos de la estación virtual básica - Vista carril de salida

### 7.1.3. Beacons

Definidos estos dispositivos ampliamente en el capítulo 6 del proyecto, se simula en la siguiente imagen la instalación de los beacons dentro de la infraestructura.

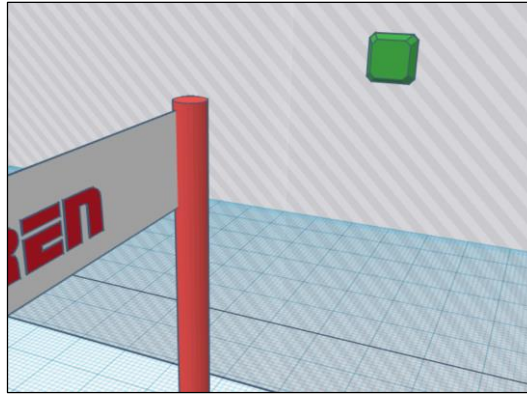


Ilustración 30. Elementos de la estación virtual básica - Beacons

## 7.2. DISEÑO DE ESTACIÓN VIRTUAL CON TRÁNSITO DE USUARIOS

Esta modificación respecto al primer diseño, añade el tránsito de usuarios que circulan por la estación. Estos se diferencian según utilicen las máquinas validadoras (usuarios de color blanco) o usen el carril 'non-stop' (usuarios de color dorado).

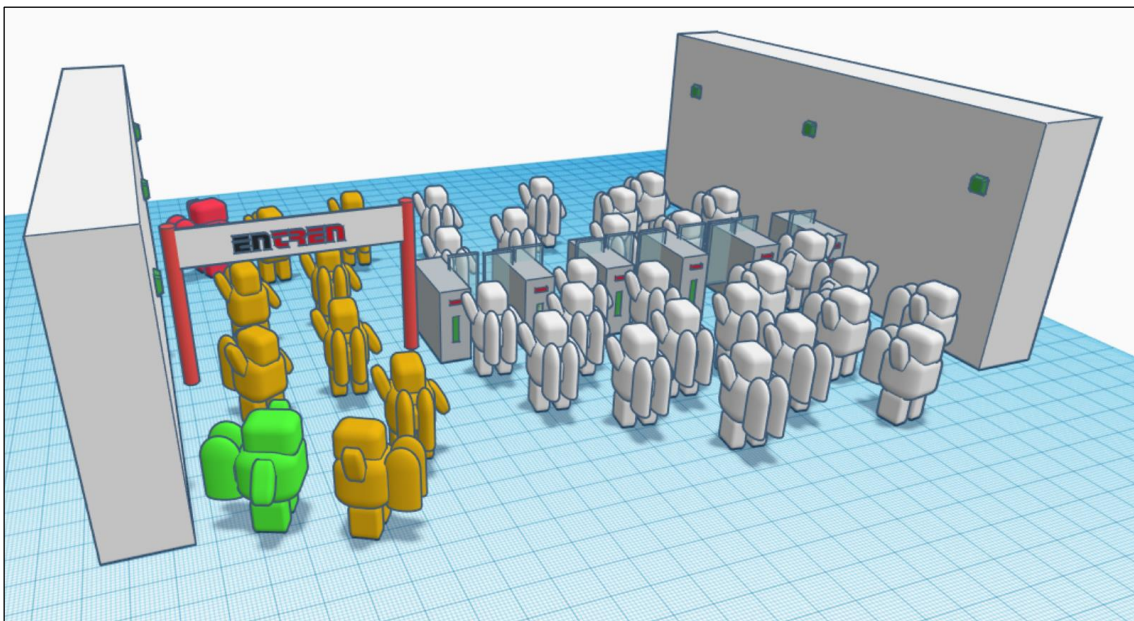


Ilustración 31. Estación virtual con tránsito de usuarios

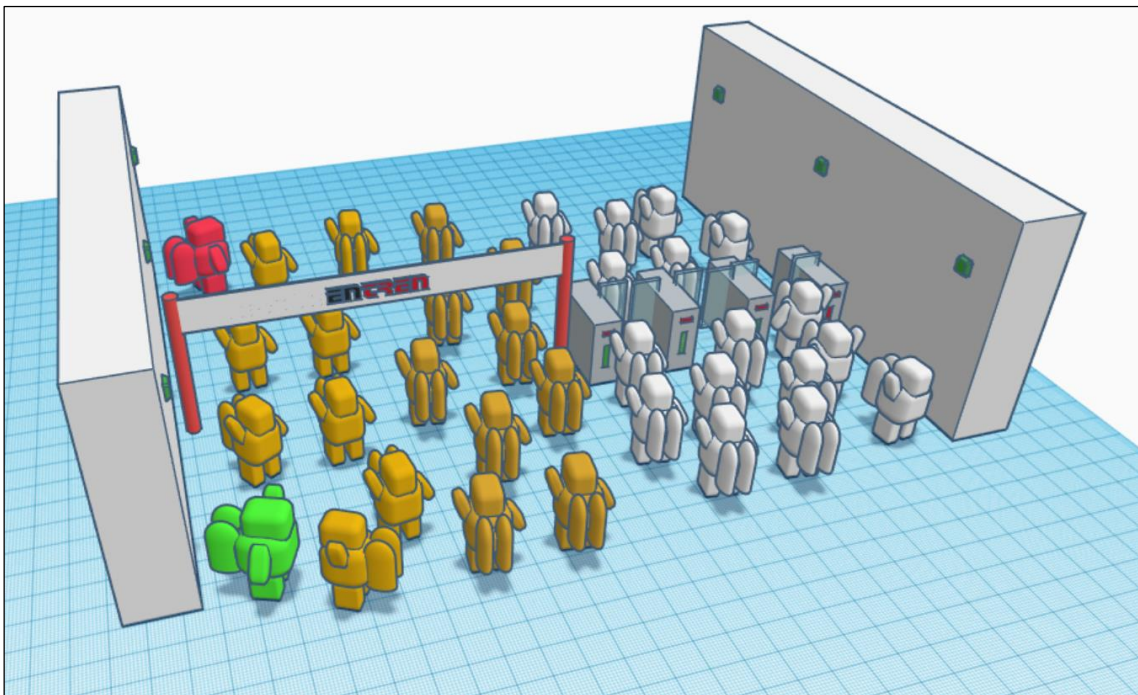


### 7.3. DISEÑO DE ESTACIÓN VIRTUAL CON IMPLANTACIÓN AVANZADA

Este último diseño propone un aumento del carril exclusivo 'non-stop' en contraste con la reducción a la que se ven afectadas las máquinas validadoras.

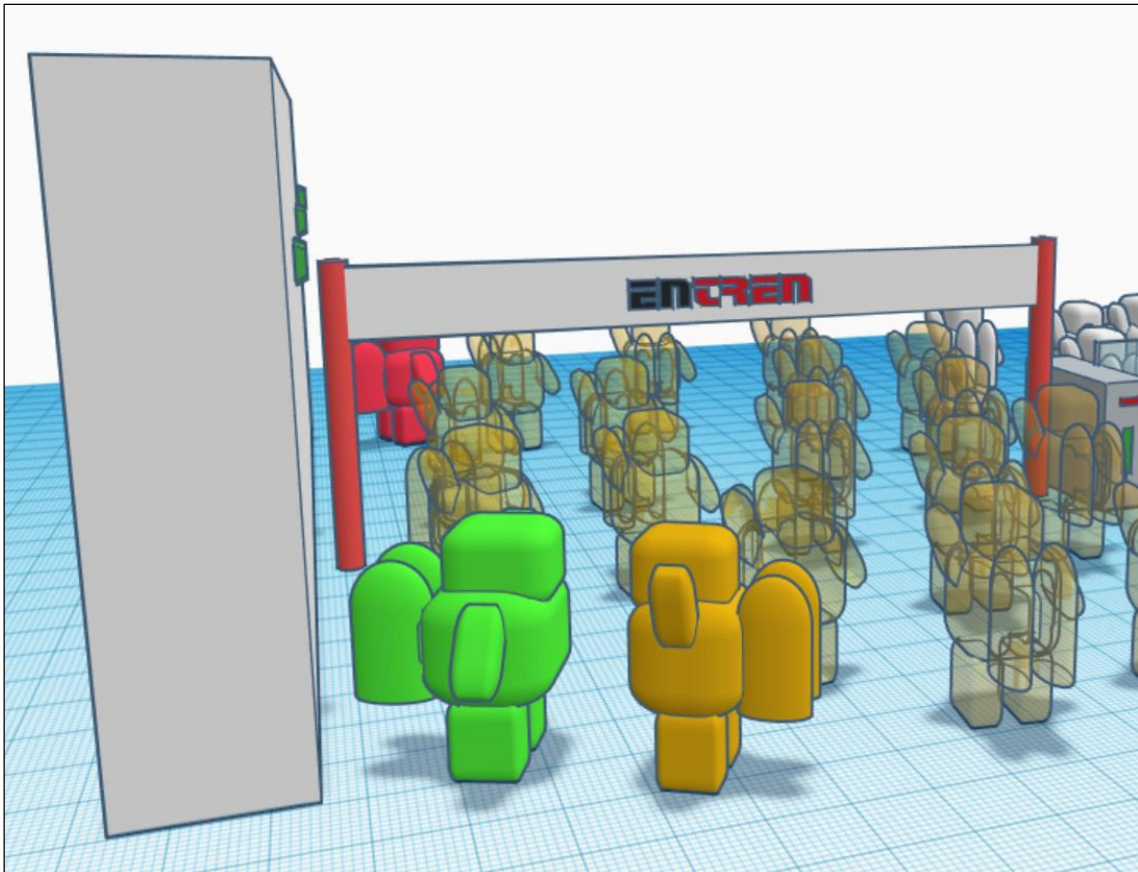
Como consecuencia, se ven alteradas la cantidad de usuarios que usan uno u otro sistema, siendo favorable a los pasajeros que hacen uso del carril exclusivo.

El objetivo de la siguiente figura, es representar el avance durante la implantación y uso de la solución propuesta por este proyecto.



*Ilustración 32. Estación virtual con implantación avanzada*

Como punto final a este simulacro de estación virtual, se muestra la siguiente imagen que focaliza la interacción entre usuario y operario, ya sea por un proceso de revisión aleatorio o una situación de duda o información.



*Ilustración 33. Interacción revisor y usuario*

## 8. PRESENTACIÓN DE LA APLICACIÓN ENTREN

EnTREN representa el producto final, en forma de aplicación móvil, de este proyecto.

Esta aplicación nace con el propósito de comunicarse con los dispositivos beacons instalados en las estaciones y confirmar la localización de los usuarios en las mismas, así como poder validar el billete sin necesidad de máquinas validadoras dado que el terminal móvil será el encargado de realizar dicha acción.

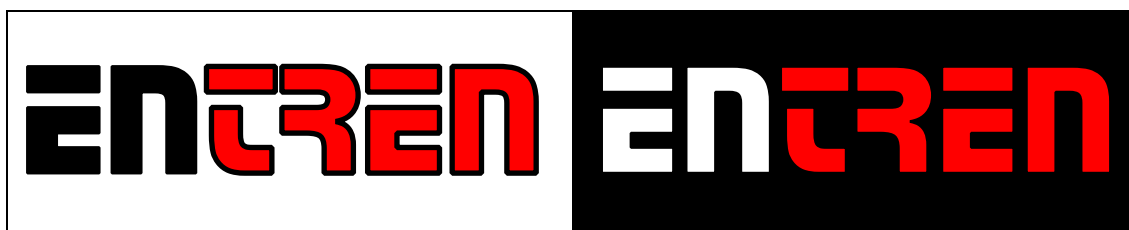
### 8.1. LOGOTIPO

Previo análisis de la aplicación, cabe explicar la creación de un logotipo para la aplicación, que previamente ya había aparecido en la imagen del beacon adquirido y el diseño de la estación, ante la necesidad de identificar el producto y que éste quede grabado en la mente del usuario.

El logo está compuesto por las palabras “En” y “Tren”, que unidas gráficamente forman una palabra homófona a las primeras enunciadas por separado. Es decir:

- En Tren: dado el entorno en el que se usara la aplicación, hace referencia a la forma en la que se transporta el usuario.
- Entren: conjugación del verbo entrar en sus formas de la tercera persona del plural del imperativo y subjuntivo. Es decir, se crea un eslogan tal que los usuarios vean, prueben, y entren.

El resultado es el siguiente, sobre fondo blanco y sobre fondo negro:



*Ilustración 34. EnTREN - Logotipo fondo blanco (izquierda) y fondo negro (derecha)*

## 8.2. PROTOTIPADO

Durante el proyecto de la aplicación se ha optado por la creación de un prototipo de la misma, con la finalidad de ofrecer una vista previa del resultado que se espera en cuestión de diseño.

Para el desarrollo de este prototipo se ha usado la herramienta Prototyper, de la empresa Justinmind. Prototyper nos permite configurar una interface de cara al usuario con las interacciones que debe realizar cada elemento mostrado en pantalla. Este software, está dividido en dos partes principales que conviene definir antes de entrar detalles con el prototipo de la aplicación móvil en cuestión.

- **Paneles dinámicos:** pantallas que permiten ubicar multitud de elementos en una misma área, con la intención de poder simular botones, formularios u otros contenidos que cambian dinámicamente.
- **Eventos:** permiten indicar y relacionar acciones sobre los elementos que han sido creados en los paneles dinámicos anteriormente descritos.

## 8.3. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN O PROTOTIPO

El prototipo, según la herramienta definida anteriormente, consta de una serie de paneles dinámicos o ‘screens’, que forman la estructura del mismo.

El ‘site map’ o mapa del sitio es una función que incorpora Prototyper con el objetivo de listar los paneles usados en la creación del prototipo y sus correspondientes relaciones, por lo que define y representa la estructura que dispone el prototipo.

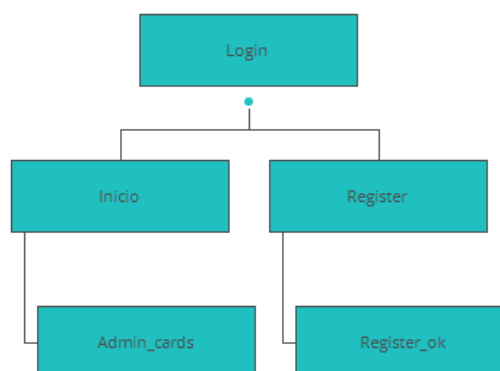


Ilustración 35. 'Site map' del prototipo

## 8.4. PANELES DINÁMICOS Y EVENTOS UTILIZADOS

Cada panel está representado por un rectángulo y, cada uno de estos, está relacionado según el destino de las líneas. Como se puede observar en el diagrama anterior, del panel “Login” dependen los demás paneles en cascada, por lo que se puede insinuar que este sea el panel inicial o principal. No obstante, la decisión de tomar una u otra panel como inicial, se puede indicar en cualquier momento. Al fin y al cabo, será el primer panel que se vea, nada más ejecutar la simulación del prototipo.

A continuación, se exponen gráficamente los paneles dinámicos utilizados, con sus correspondientes definiciones o funciones, los elementos que aparecen y el uso de los mismos. Además, se incluyen los eventos más destacados de cada panel:

### 8.4.1. Login

Panel inicial del prototipo. En él se requiere autorización por parte de la base de datos para poder acceder.

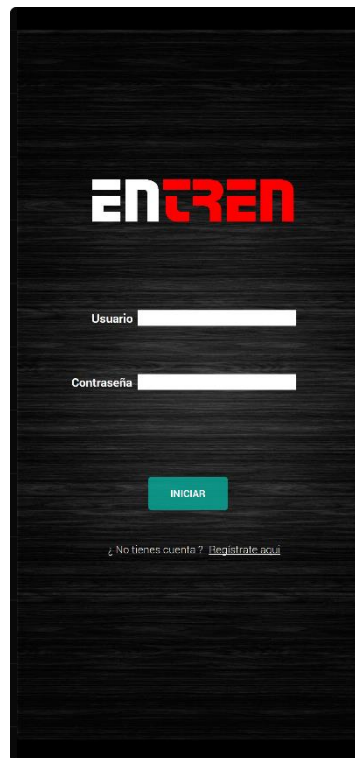


Ilustración 36. Paneles dinámicos (I) - Login

En Prototype, esta base de datos se define como Data Master y podemos modificar tanto sus campos como los registros creados. En la siguiente figura se muestran los campos del Data Master creado con nombre “EnTREN users” que servirán como plantilla a la hora de crear y/o registrar un usuario:

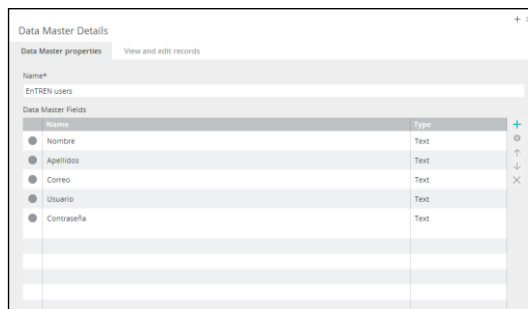


Ilustración 37. Propiedades Data Master (I)

Para visualizar, editar y crear registros, se dispone de otra pestaña dentro de la misma ventana que se muestra a continuación:

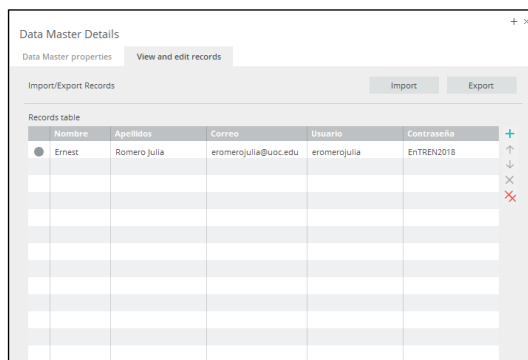


Ilustración 38. . Propiedades Data Master (II)

Para que la base de datos sea efectiva, será necesario que corresponda el usuario y contraseña insertado por el usuario en el “login” (una vez se ejecute el botón de “Iniciar”) con los ya existentes en la base de datos. Esa acción se tratará más adelante en los eventos del prototipo. No obstante, se muestra el mensaje, en rojo, que el prototipo devuelve en caso de ingresar unas credenciales erróneas:

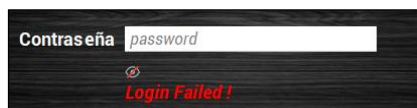


Ilustración 39. Error “Login Failed” por credenciales incorrectas

El símbolo que aparece encima del mensaje de error, corresponde a una propiedad del propio texto de hacerlo inicialmente “no visible”. Es decir, únicamente aparece el texto cuando se falla en el ingreso.

En cuanto a eventos creados dentro de este primer panel, cabe destacar el desarrollado sobre el botón “INICIAR”. Las propiedades del evento son las siguientes:

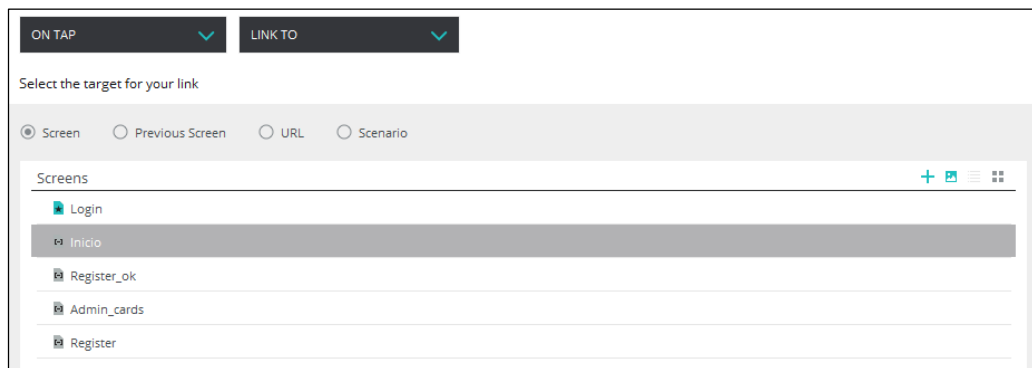


Ilustración 40. Evento Login (I) - Propiedades

El primer parámetro “On Tap” (al pulsar) nos indica en qué momento debe realizarse la acción programada. En este caso, el evento se ejecutará cuando se pulse sobre el botón. El segundo parámetro propone el tipo de acción a realizar. Por lo tanto, con la opción “Link To” (enlazar a) nos redirigirá hacía otro elemento del prototipo. Como podemos observar, ese elemento es el panel “Inicio”.

Prototype, en su sección de eventos, también permite definir condicionales sobre las acciones a ejecutar. Para el evento anteriormente descrito, se ha añadido uno que permita, en modo filtro, la ejecución solo en caso de coincidir usuario y contraseña, con la base de datos. La instancia es la siguiente:



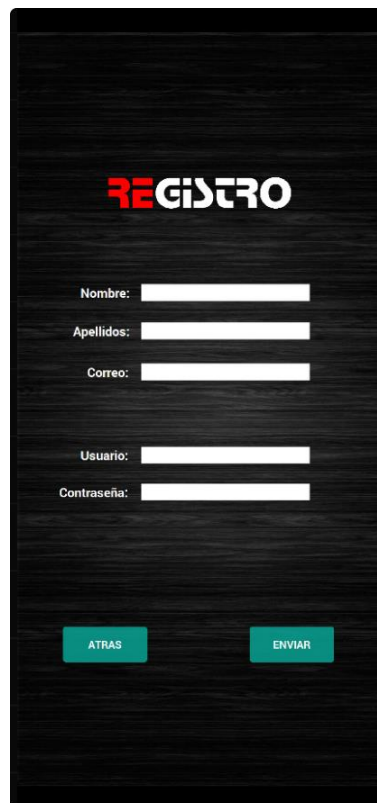
Ilustración 41. Evento Login (II) - Instancia

De cumplirse, la ejecución sobre el botón “INICIAR” sigue su curso y dirige al usuario al panel correspondiente. En caso contrario, se especifica que el mensaje “Login Failed” anteriormente comentado se haga visible y se mantenga el usuario en el mismo panel hasta ingresar unas credenciales correctas.

Otra función que se ha añadido al panel principal, es la de poder crear una cuenta, con un enlace en la parte inferior que llevará al usuario hacia el siguiente panel de registro, y que aparece en el diagrama presentado anteriormente en la estructura: el panel de “Register”.

#### 8.4.2. Register

Panel de registro donde cada campo hace referencia a una correspondencia dentro de las variables o campos, anteriormente definidos, de la base de datos.



The image shows a mobile application screen with a dark background. At the top center, the word "REGISTRO" is displayed in a stylized font, with "REG" in red and "ISTRO" in white. Below this, there are five input fields, each with a label to its left: "Nombre:", "Apellidos:", "Correo:", "Usuario:", and "Contraseña:". At the bottom of the screen, there are two teal-colored buttons: "ATRÁS" on the left and "ENVIAR" on the right.

Ilustración 42. Paneles dinámicos (II) - Register



En cuanto a eventos creados dentro de este panel, cabe destacar el desarrollado sobre el botón “Enviar”. Las propiedades del evento son las siguientes:



*Ilustración 43. Evento Register - Enviar (propiedades)*

El primer parámetro “On Tap” confirma que el evento se ejecutará cuando se pulse sobre el botón. El segundo parámetro “Data Master Action” indica la repercusión de la ejecución del evento sobre la Data Master o base de datos.

La instancia “NEW” dentro de la base de datos “EnTREN users”, hace referencia a la creación de un nuevo registro dentro de ella. Tras relacionar los diferentes campos y variables, se establece que el valor que debe recoger, es el insertado en los campos de “Input” o entrada.

En resumen, la información que el usuario escriba en los campos, se añadirán en clave de nuevo registro en nuestra base de datos.

Además, se ha configurado otra interacción sobre el mismo botón “Enviar” para redirigir al usuario al panel de “Register\_ok”, confirmando así su solicitud de registro.

Finalmente, se ha creado otro evento sobre el botón “Atrás”, configurado para redirigir al usuario al panel anterior de “Login”.

### 8.4.3. Register\_ok

Panel de carácter informativo. Confirma al usuario el correcto registro y el envío de los datos insertados hacía la Data Master.



*Ilustración 44. Paneles dinámicos (III) - Register\_ok*

En cuanto a eventos, localizamos un único evento en el botón “VOLVER” con la finalidad de que el usuario pueda volver al panel de “Login” y escribir las credenciales recién registradas para poder ingresar en la aplicación.

### 8.4.4. Inicio

Pese a no ser el panel inicial de la aplicación, el panel “Inicio” es el de mayor importancia. Es el encargado visual de marcar la diferencia con otras aplicaciones dado que tiene como función validar y registrar el billete.

Para este panel, se ha decidido mostrar inicialmente dos capturas. El motivo es la existencia de elementos ocultos destacables a analizar. Estos se encuentran en la captura del lado derecho:

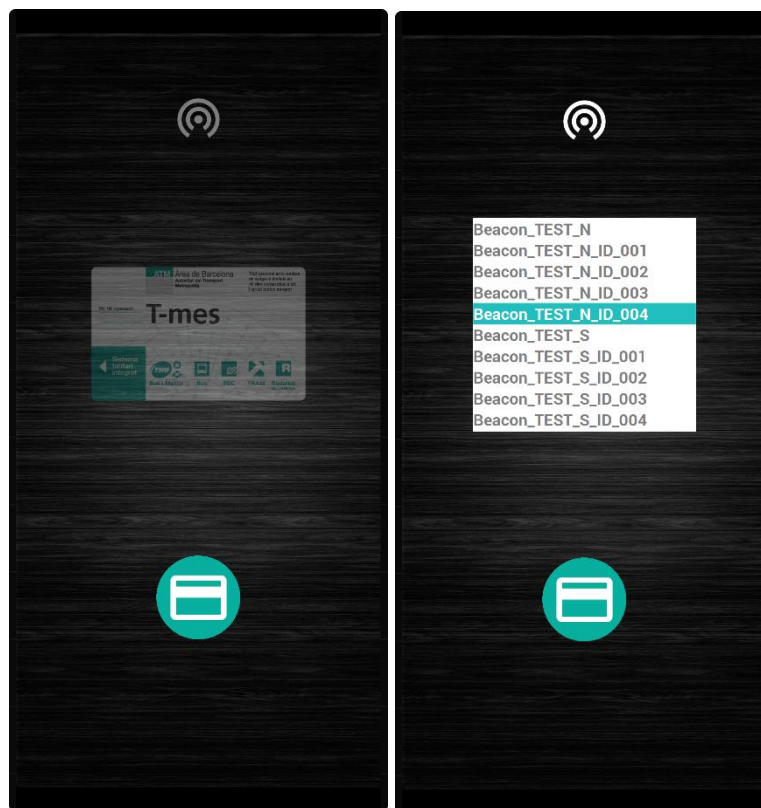


Ilustración 45. Paneles dinámicos (IV) - Inicio (sin y con elementos ocultos)

Empezando a describir elementos por la primera figura, se puede observar un botón con forma de transmisor de ondas, que será el encargado de activar o desactivar la búsqueda de beacons. Su estado inicial es de apagado.

En la parte central, encontramos un botón representado por el gráfico de un título de transporte. Como particularidad, indicar que su nivel de transparencia al 70% representa un estado de inactividad o deshabilitado. Es decir, en ese estado no hay posibilidad de validar o registrar el billete.

Por último, y compartiendo ya imagen con la segunda captura, se encuentra un botón representado por una tarjeta. Será el encargado de enlazar al usuario hacia la página correspondiente a la administración y compra de títulos de transporte.

Por otro lado, en la figura de la derecha de la ilustración anterior, se puede observar como el elemento con forma de transmisor está iluminado, representando la activación del servicio de “*listen\_beacon*” o búsqueda de beacons.

Pulsando de nuevo este elemento, desactiva el servicio y vuelve al estado en el que se encuentra en la primera figura.

Un segundo elemento importante que se encuentra en dicha figura, es una lista provisional y a modo ejemplo de unos beacons detectados, en una simulación de haberse activado el servicio de búsqueda de beacons. Su función es mostrar los beacons detectados en la ubicación en la que se encuentre el usuario, y poder seleccionar uno.

Seleccionado el beacon del elemento o lista anterior, desaparece la lista y habilita otro elemento representado por un “visto” de color verde. Su función es dar a conocer al usuario que la conexión al beacon se ha establecido correctamente y, por lo tanto, se puede dar paso a la validación y/o registro del billete virtual.

Cabe añadir que, una vez aparece el “visto” de color verde en el panel, la propiedad del billete anteriormente definido cambia del 70% al 0%, dando una sensación de activo.

Otros elementos que se mostrarán y explicaran en el apartado 8.5, correspondiente al funcionamiento del prototipo, son:

- Error, en forma de texto, que surge al presionar el botón en forma de billete sin haber establecido una comunicación con algún beacon.
- Registro, en forma de texto, que surge al presionar el botón en forma de billete activado.

La captura final con el beacon seleccionado y el billete listo para registrar y/o validar es la siguiente:

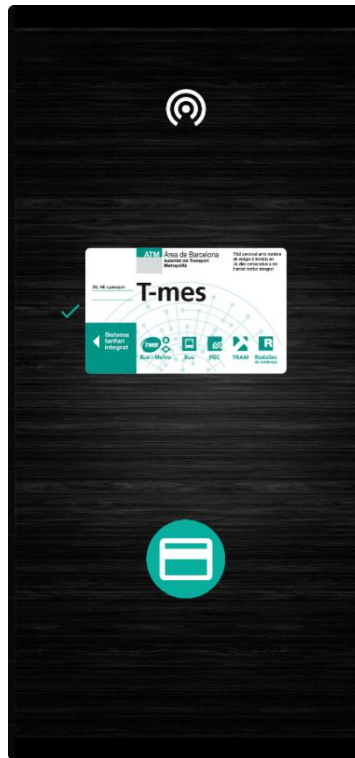


Ilustración 46. Paneles dinámicos (IV) - Inicio (proceso final de registro del billete)

En cuanto a los eventos cabe destacar que, dadas las casuísticas, existen multitud de acciones con diversos condicionales, así como acciones a realizar paralelamente.

Empezando por el primer elemento descrito en este panel, el evento asociado al botón o interruptor destinado al encendido de la búsqueda de beacons consiste en un evento “On Tap” cuya función es la de mostrar la lista de beacons disponible y, a su vez, cambiar el icono por el de “búsqueda activa” mediante un efecto de difuminar o “fade”.

Además, se encargará de “limpiar” el panel de información de registro o error, ocultando los textos relacionados de error y/o registro.

La lista de interacciones relacionadas con el botón transmisor, son las siguientes:

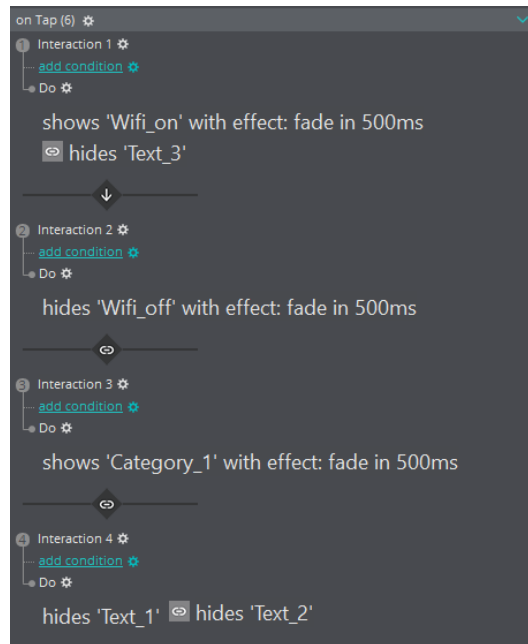


Ilustración 47. Eventos e interacciones Inicio (I) - Botón transmisor

El siguiente elemento a analizar en cuanto a eventos, es el correspondiente a la lista de beacons. La lista de interacciones es la siguiente:

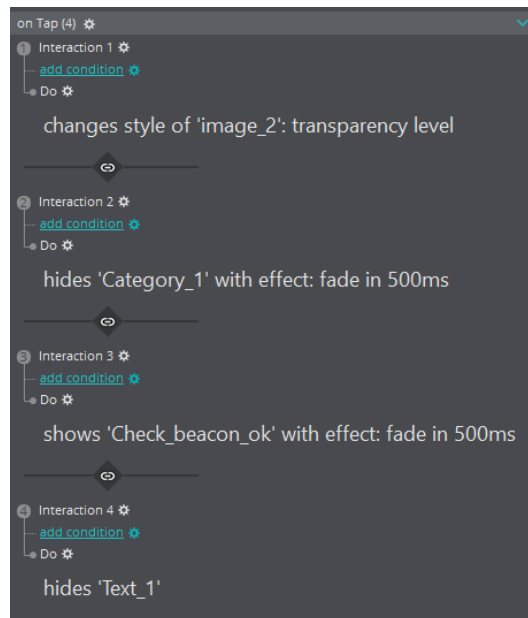


Ilustración 48. Eventos e interacciones Inicio (I) - Lista beacons

Tras pulsar sobre un elemento de la lista, se cambia el nivel de transparencia del billete a 0% para simular una activación del billete, hace desaparecer la lista de beacons, así como el texto de registro que exista. Además, muestra el icono de “visto” verde.

Con el icono de “visto” visible en el panel, se cumple una condición necesaria para que el elemento referente al billete, inicie la interacción propuesta. Es decir, al pulsar sobre el botón emulador de billete, habilita dos cuadros de texto cuyo valor será por un lado la fecha, y por otro la hora. Corresponden al momento de registro.

En caso contrario, ocultará estos cuadros de textos anteriormente citados, y habilitará otro en forma de mensaje de error. Como ya se indicó anteriormente, si no hay ninguna comunicación con el beacon, debe aparecer un mensaje de error.

La descripción de la interacción del botón emulador de billete, es la siguiente:

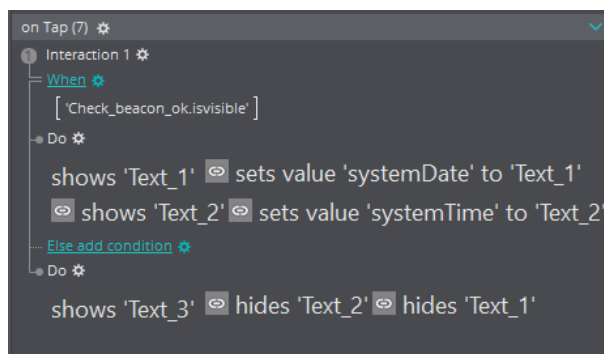


Ilustración 49. Eventos e interacciones Inicio (III) - Botón emulador de billete

El siguiente elemento se ha decidido definirlo después del emulador de billete, puesto que cronológicamente, sin tener en cuenta otros factores que se analizarán en un posterior apartado dedicado exclusivamente al funcionamiento, es el siguiente que teóricamente se ejecutará por parte del usuario.

El elemento en sí, es el botón o interruptor destinado al apagado de la búsqueda de beacons. Sus interacciones ocultan elementos el “visto” verde y la lista de beacons en caso de mostrarse.

Este último caso, es debido a que mientras se escoge un beacon con la lista correspondiente, es posible que se decida no proceder a seleccionar ninguno y apagar el interruptor. Por otro lado, el interruptor cambia de estado por el botón inicial con tonalidad gris, así como devuelve la transparencia del 70% al botón emulador de billetes.

Las interacciones del botón transmisor en estado iluminado, son las siguientes:

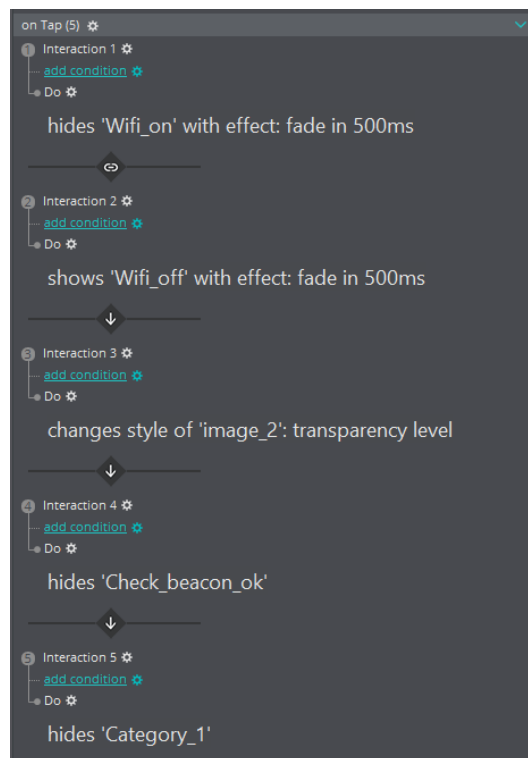


Ilustración 50. Eventos e interacciones Inicio (IV) - Botón transmisor iluminado

El último evento a tratar en este panel, es el correspondiente al del botón con la imagen de una tarjeta en la parte inferior. Al pulsar el botón, se redirige al usuario hacía el panel correspondiente a la administración y compra de billetes:

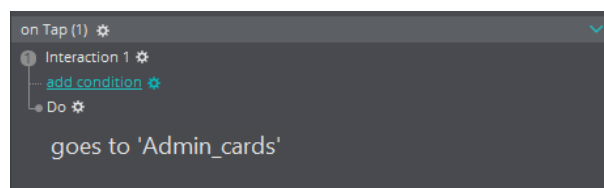


Ilustración 51. Eventos e interacciones Inicio (IV) - Botón administrador de billetes



### 8.4.5. Admin\_Cards

Este último panel tiene como propósito gestionar los billetes adquiridos por el usuario, así como la importación mediante compra, de nuevos billetes.

Para ello, se ha creado una nueva Data Master con los parámetros básicos que debe tener el billete, como son el título o nombre del billete, las zonas a las que tiene acceso dentro del mapa de zonas ofrecido por los Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB) y el precio del billete, asignado por la misma organización.

Se ha decidido crear una nueva base de datos, para facilitar la comprensión del concepto. La captura de las variables o campos es la siguiente:

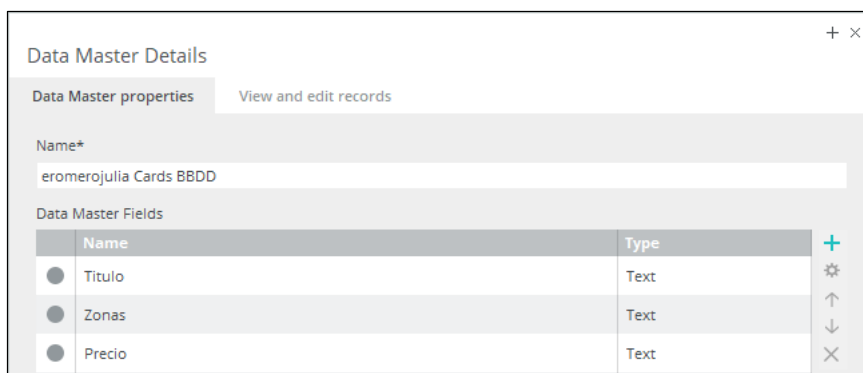


Ilustración 52. Data Master user cards (I) - Propiedades

El registro de dos títulos, a modo ejemplo, y sus correspondientes propiedades se muestran en la imagen inferior:

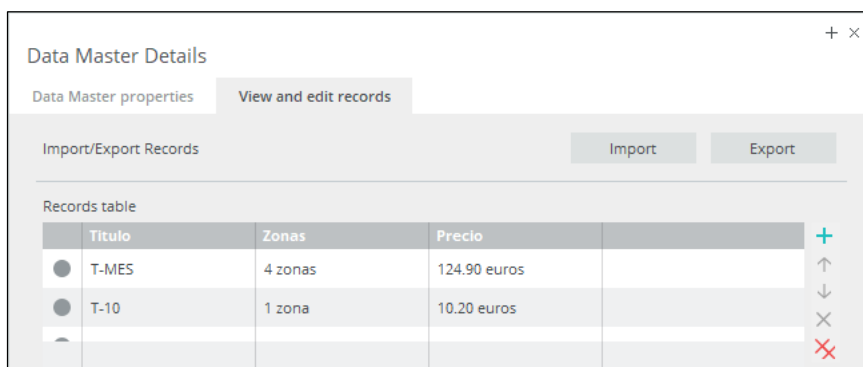


Ilustración 53. Data Master user cards (II) - Registros

Otra opción, sería actualizar los campos de la primera base de datos añadiendo tantas variables como propiedades tenga el billete para después visualizarlas dentro del listado. El aspecto visual del panel, definida la base de datos, es el siguiente:



Ilustración 54. Paneles dinámicos (V) - Admin\_cards

Por lo que a eventos se refiere, se encuentran los relacionados con dos elementos cuya función no se ha implementado para este prototipo.

El primero de estos elementos, situado en la parte superior y representado con el icono de un carro de compra, tiene la función de redirigir al usuario hacia un portal de adquisición de nuevos títulos o billetes. La única interacción que presenta este botón, es la de exponer un mensaje de “Función NO implementada”, que quedará reflejado en la demostración de funcionamiento del prototipo en el próximo capítulo.

Así mismo existe el botón seleccionar que, en caso de seleccionar un título de la lista, cambia de color y al ejecutarlo, la interacción devuelve el mismo mensaje anterior de “Función NO implementada”. Dicha función corresponde a la

sustitución del título elegido, por el billete del panel “inicio” explicado anteriormente en el punto 8.4.4 y proseguir a su validación y registro. En caso de pulsar este botón sin seleccionar ningún título, aparecerá un mensaje de error, solicitando la elección de un elemento de la lista.

## 8.5. DEMOSTRACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

En este apartado, se combinarán todos los paneles y eventos indicados anteriormente, para ofrecer una simulación y/o demostración de lo que sería la aplicación en funcionamiento. Dentro de la demostración, por lo tanto, se obvian definiciones y funciones de los elementos.

Iniciando la aplicación, nos encontramos con la pantalla de login (ilustración 55 izquierda). Al introducir unas credenciales cualesquiera, se verifica que no se está autorizado sin un previo registro (ilustración 55 derecha):

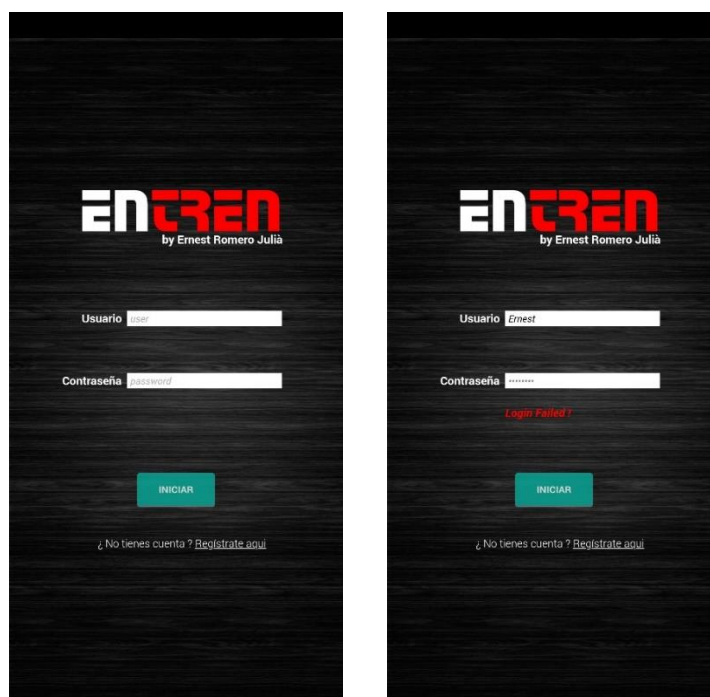


Ilustración 55. Demostración (I) - Login

El siguiente paso es crear una cuenta nueva, rellenando el formulario al que se accede desde el enlace “Regístrate aquí” de la pantalla de login.

La pantalla de registro se muestra a la izquierda de la ilustración 56. Rellenado el formulario, al presionar en el botón de enviar, redirige al usuario hacia otra ventana confirmando el registro correcto (ilustración 56 derecha):

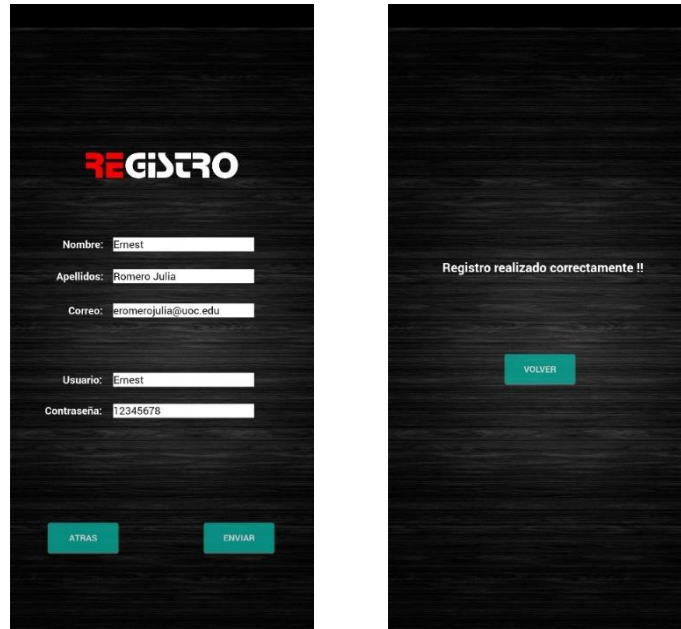


Ilustración 56. Demostración (II) - Registro

Al iniciar de nuevo, con las credenciales correspondientes al nuevo registro, se accede a la pantalla principal de la aplicación:



Ilustración 57. Demostración (III) - Inicio

El usuario, suponiendo que se encuentra dentro o en las inmediaciones de la estación, activa el botón superior para empezar la búsqueda de beacons. El resultado es un listado de beacons visibles con los que el usuario puede comunicarse e interactuar:

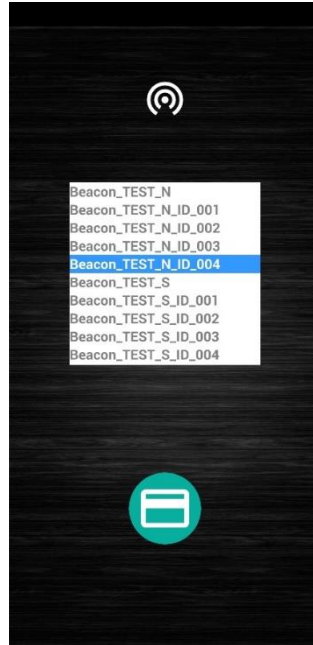


Ilustración 58. Demostración (IV) - Selección de beacon

Seleccionado el beacon, se habilita el botón con forma de billete que, al ser pulsado, registrará la fecha y hora del sistema.



Ilustración 59. Demostración (V) - Registro de billete

Para finalizar la demostración, el usuario puede administrar sus billetes ya comprados, así como adquirir nuevos por motivos de caducidad y/o contratación de nuevo servicio.

Se accede mediante el botón circular con el icono de una tarjeta, que se encuentra en el anterior panel (ilustración 59):

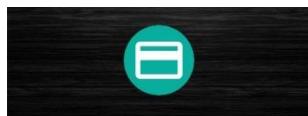


Ilustración 60. Demostración (VI) - Botón administrar billetes

El usuario accederá directamente a la pantalla de administración de billetes, donde aparecerá un listado con los títulos adquiridos.

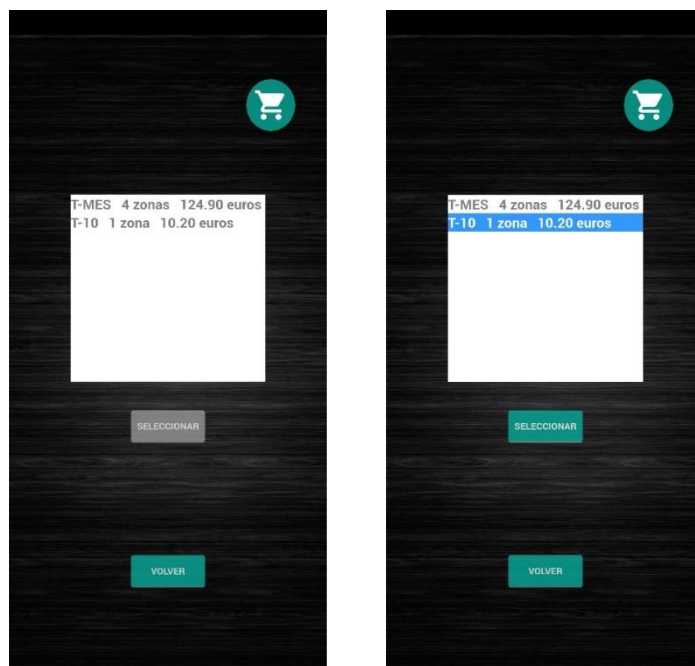


Ilustración 61. Demostración (VII) - Proceso de selección de billete

Un botón “Seleccionar” inhabilitado (ilustración 61 izquierda), indica la necesidad de elegir al menos un título para activar el botón y así poder cargar el billete en el sistema para su registro (ilustración 61 derecha).

Llegados a este punto, encontramos el final de la demostración con varias funciones por implementar, marcadas por el alcance inicial propuesto para este proyecto.

Así pues, una vez elegido el título y pulsado sobre el botón “SELECCIONAR”, aparecerá un mensaje en pantalla indicando que la función no está implementada (ilustración 62 izquierda). El propósito es que dicho título cambie la imagen y las características del nuevo billete, en la pantalla de “Inicio”.

Del mismo modo, al intentar acceder a la compra de nuevos títulos mediante el botón representado por un carro de la compra, aparecerá el mismo mensaje en pantalla conforme la función no está implementada (ilustración 62 derecha). El propósito es poder acceder a un portal de títulos disponibles para su adquisición, así como contactar con la plataforma de pago.

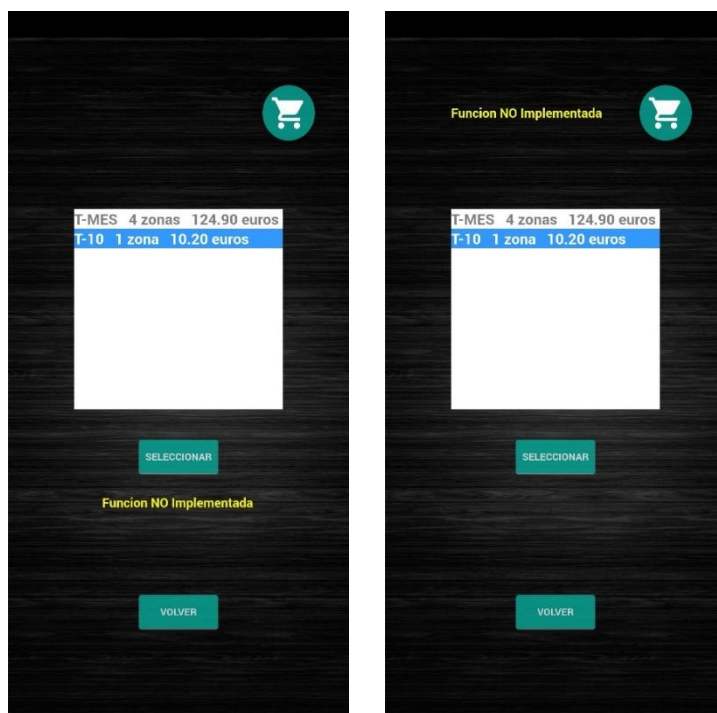


Ilustración 62. Demostración (VIII) - Funciones no implementadas

## 8.6. ANÁLISIS DE LA CASUÍSTICA DURANTE EL USO DEL PROTOTIPO

La casuística aplicada al proyecto y en concretamente al prototipo de la aplicación, es considerada como el conjunto de casos particulares que se pueden prever durante el funcionamiento de la aplicación. Durante el desarrollo de la aplicación, se han observado diversos casos cuya definición se ha decidido aislar del apartado de funcionamiento anterior.

### 8.6.1. Registro de billete sin previo establecimiento de comunicación con beacon

En tal caso, cuando el usuario pulse sobre el botón con forma de billete del panel “inicio”, aparecerá un mensaje de error, tal y como se muestra a continuación:



Ilustración 63. Casuísticas (I) - Registro sin comunicación con beacon

### 8.6.2. Guardar último registro pese a desconectar el buscador de beacons

En tal caso, interesa que una vez el usuario registre el billete, a banda de guardarlo en un archivo tipo “log” y/o añadirlo en la BBDD, se visualice el último registro en el panel de “inicio” para su fácil inspección:



Ilustración 64. Casuísticas (II) - Guardado de último registro



## 8.7. DIAGRAMA DE CASOS DE USOS DE UML

Los diagramas de casos de uso, son un tipo de diagramas cuya función u objetivo es el de especificar la comunicación y el comportamiento de un sistema en su interacción con el usuario. Es decir, un resumen para identificar quien usa la aplicación o sistema y que puede hacer con ella. Para la aplicación EnTREN mostrada anteriormente, el diagrama de casos de uso (de manera global) es el siguiente:

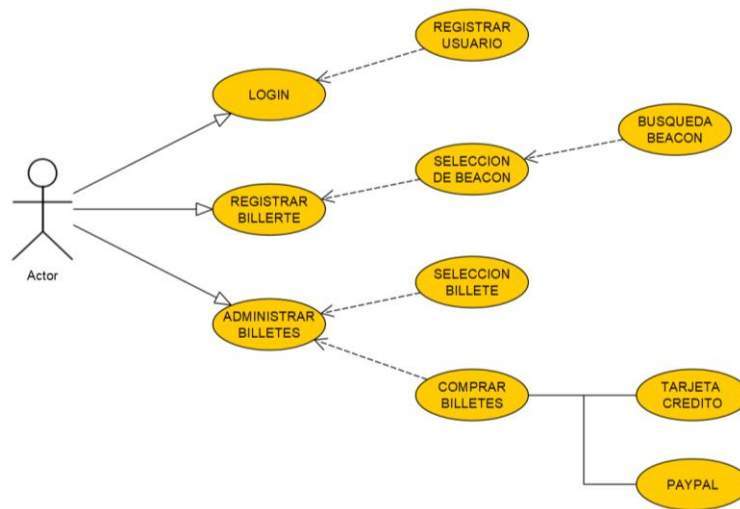


Ilustración 65. Diagrama de casos de uso de UML - EnTREN

Los casos de uso serán los siguientes:

- I. Login:** el usuario podrá iniciar sesión en el sistema. Como caso de uso de extensión, encontramos la función de “registrar usuario”.
- II. Registrar billete:** el usuario podrá registrar el billete en el sistema. Para ello, cuenta con un caso de uso extendido de “selección de beacon”, que a su vez dispone de otro caso de uso extendido como es la “búsqueda de beacon”.
- III. Administrar billetes:** el usuario podrá administrar sus billetes en la aplicación. Como casos de uso extendido encontraremos la función de “selección de billete” para establecer el título como predeterminado. Otro caso de uso extendido, es el de “compra de billetes”, que vendrá definido por las dos formas de pago sugeridas en el diagrama.

## 8.8. PRESUPUESTO DE DESARROLLO

Punto	Observaciones	Estimación(h)
<b>1</b>	<b>Diseño Prototipo (Justinmind)</b>	
1.1	Diseño UI	50
1.2	Definición acciones	8
<b>2</b>	<b>Arquitectura de Solución</b>	
2.1	Diseño BBDD Relacional (SQL Server) -YED	
2.1.1	Creación modelo entidad relación	50
2.2	Diseño BBDD No Relacional - Módulo Estadístico (MongoDB) - YED	
2.2.1	Definición de collections para estadística.	50
2.3	Codificación UI (Android) - Arquitectura DEVOPS	
2.3.1	Codificación de layouts	50
2.3.2	Creación de UT (Unit Test)	8
2.4	Diseño Backend - Patrón de diseño DDD (Domain Drive Design). NETCore 2.1. Arquitectura DEVOPS	
2.4.1	Creación del Diagrama de flujo	30
2.4.2	Modularización de entidades. Creación de librerías	120
2.4.3	Creación de UT's y IT's (test de integración) para los módulos	40
2.4.4	Diseño y codificación de API's. (Multiplicar estimación por cada API a crear)	8
2.4.4.1	Integración de swagger.	
2.4.4.2	Implementación de paquetes nuGet modularizados en API	40
2.4.5	Configuración DEVOPS para cada módulo y API	8
2.5	Diseño Librerías Android	
2.5.1	Creación de librería Android para captura de Beacon	40
2.5.2	Creación de UT	8
2.5.3	Creación de librería Android para gestión de Beacon	40
2.5.4	Creación de UT	8
<b>TOTAL Horas</b>		<b>558</b>
<b>Inversión Inicial (Cálculo de hora actual mercado 40€)</b>		<b>22.320,00 €</b>

<b>3</b>	<b>Infraestructura de servidores</b>	<b>Importe</b>
<b>3.1</b>	Entorno Desarrollo	
<b>3.1.1</b>	SAAS (Software as a services)	
<b>3.1.1.1</b>	1 Base de datos Relacional (SQL Server) - Suscripción estándar	12,65€/mes
<b>3.1.1.2</b>	1 Base de datos No Relacional (MongoDB)	60€/mes
<b>3.1.2</b>	Máquina Virtual	
<b>3.1.2.1</b>	1 Windows Server 2016 (Backend para API's)- Suscripción estándar	166€/mes
<b>3.2</b>	Entorno Calidad	
<b>3.2.1</b>	SAAS (Software as a services)	
<b>3.2.1.1</b>	1 Base de datos Relacional (SQL Server) - Suscripción estándar	12,65€/mes
<b>3.2.1.2</b>	1 Base de datos No Relacional (MongoDB)	60€/mes
<b>3.2.2</b>	Máquina Virtual	
<b>3.2.2.1</b>	1 Windows Server 2016 (Backend para API's)- Suscripción estándar	166€/mes
<b>3.3</b>	Entorno Producción	
<b>3.3.1</b>	Alta disponibilidad	
<b>3.3.2</b>	SAAS (Software as a services) - Geo Redundancia	
<b>3.3.2.1</b>	1 Base de datos Relacional (SQL Server) - Suscripción Premium	>400€/mes
<b>3.3.2.2</b>	1 Base de datos No Relacional (MongoDB)	>400€/mes
<b>3.3.3</b>	Máquina Virtual	
<b>3.3.3.1</b>	1 Windows Server 2016 (Backend para API's) -E/S 16000*s	260€/mes
<b>Inversión recurrente al mes</b>		<b>&gt;1303€/mes</b>

La inversión será de unos 22.320 euros, a los que hay que añadir el número de beacons a instalar, por un precio de 70 euros aproximadamente cada uno (instalación y configuración incluida) ya que estaríamos hablando de modelos cuya alimentación es vía USB. Además, utilizaríamos 2 de ellos para el entorno de desarrollo y 2 más para el entorno de calidad. Luego, la implantación, en cuanto a infraestructura se refiere, será de 1303 euros aproximadamente al mes teniendo en cuenta que, durante las primeras fases, se pueden obviar entornos no relacionados con ellas.

## 9. RESULTADOS

El proyecto, tenía un claro objetivo: implantar un sistema de registro y/o validación de billetes de transporte mediante beacons, cuya interactividad con el usuario se realizase mediante una aplicación móvil.

Visto el alcance al que puede llegar este trabajo, los resultados finales de este trabajo comprenden en cuanto a producto, un diseño virtual 3D de una estación de tren y un prototipo de la aplicación.

El diseño de la estación ha ayudado a entender el concepto de carril exclusivo y ese cúmulo de gente que saturan los tornos. El prototipo, por su parte, ha dado una visión de esa interactividad entre el usuario y el sistema.

El presupuesto ofrecido, hace de este proyecto, una idea en la que no es necesaria una inversión inicial fuerte para poderla implementar.

Los resultados, en resumen, han sido los esperados en cuanto alcance comprende un trabajo de estas características.

## **10.FUTURAS MEJORAS**

Durante la elaboración del proyecto, se han contemplado varias mejoras que podrían ser implantadas en una futura revisión del sistema ofrecido como solución al problema.

### **10.1. BEACONS EN EL INTERIOR DEL TRANSPORTE**

La instalación de estos dispositivos dentro de trenes y tranvías, pueden ofrecer multitud de funciones y posibilidades dado que, validando la comunicación, indirectamente se informa a la aplicación de la ubicación del usuario.

### **10.2. BOTÓN SOS**

Encadenando la mejora anterior, esta opción o mejora comprende la integración de un botón SOS en la aplicación. Este botón serviría para avisar al conductor del transporte en cuestión, de cualquier incidente en cualquiera de sus vagones. En esa búsqueda de beacons, el usuario únicamente dentro del transporte, encontrará los dispositivos instalados en él, por lo que seleccionar uno y pulsar en el botón de SOS, dará la información (con discreción) al conductor acerca el vagón donde se produce el incidente.

### **10.3. NOTIFICACIÓN DE CADUCIDAD Y RENOVACIÓN AUTOMÁTICA**

Con esta opción, el usuario podrá activar la función de renovación automática del título en cuestión, y así evitar que ese tiempo de compra, interfiera en su paso por la estación.

### **10.4. TARIFICACIÓN POR TRAYECTO**

Este sistema, de más complejidad, consistiría en cobrar un billete de importe mínimo inicial, y el precio iría aumentando progresivamente a medida que se avanzan estaciones.

### **10.5. DEVOLUCIÓN EXPRESS AUTOMÁTICA**

Función que permitirá al usuario obtener la devolución del importe del billete, de forma automática, en caso de que el transporte sufra un retraso sin causas ajenas. En el caso del tren de cercanías, este tiempo actualmente debe ascender en 15 minutos.

## 11.CONCLUSIONES

De este proyecto, se obtienen las siguientes conclusiones:

- I.** Las Smart cities o ciudades inteligentes, necesitan y deben dar un paso hacia delante. Evolucionar, innovar. Solo así, podrán ser consideradas como tal. Queda mucho camino por recorrer y la implantación de los beacons y su tecnología, podrían ser el impulso necesario.
  
- II.** En la actualidad, la sociedad vive bajo una dispersión de elementos inteligentes y, a su vez, independientes. Es necesario algún elemento de cohesión entre ellos que los una por completo para formar esa ciudad y/o sociedad inteligente.
  
- III.** Los beacons son unos dispositivos con una tecnología “reciente” no explotada en su plenitud, con infinidad de usos y aplicaciones aún por descubrir. Este trabajo, aplicando el concepto concretamente a los trenes, puede verse ampliado en otro tipo de vehículos y sectores.
  
- IV.** La aplicación propuesta como solución, permitirá al usuario gestionar sus billetes electrónicamente, sin dejar lugar a multas por posibles pérdidas o malos usos. Los títulos adquiridos, serán más personales y personalizados que nunca. Además, la instalación de ese carril exclusivo aportará un importante ahorro de tiempo y malestar.

## 12.GLOSARIO

### **Apk**

Paquete de Aplicación Android (del inglés, Android Application Package). Es un paquete para el sistema operativo Android, usado para distribuir e instalar componentes empaquetados para la plataforma Android. .... 38

### **ATM**

Autoridad del Transporte Metropolitano. Consorcio encargado de coordinar y planificar el transporte público de la región urbana de Barcelona..... 14

### **BBDD**

Base de datos. Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. .... 23

### **Beacons**

Dispositivo de bajo consumo que emite una señal broadcast, y son suficientemente pequeños para fijarse en casi cualquier superficie. .... 21

### **BLE**

Bluetooth Low Energy. Tipo de Bluetooth diseñado para proporcionar un consumo de energía y un costo considerablemente reducidos, manteniendo un rango de alcance de comunicación similar..... 25

### **Bluetooth SIG**

Bluetooth Special Interest Group. Asociación privada sin ánimo de lucro con sede en Bellevue, Washington. Formada por más de 9000 compañías de telecomunicaciones, informática, automovilismo, música, textil, automatización industrial y tecnologías de red..... 25

### **Casuísticas**

Consideración de los diversos casos particulares que se pueden prever en determinada materia..... 61

## **Digitalización**

Proceso en el que una magnitud física se convierte en una representación digital.

Incluye un cambio tecnológico. .... 13

## **Login**

En español ingresar o entrar. En el ámbito de seguridad informática, es el proceso mediante el cual se controla el acceso individual a un sistema informático mediante la identificación del usuario utilizando credenciales provistas por el usuario. .... 53

## **Non-stop**

Del inglés, sin parada o interrupciones. .... 21

## **POC**

Siglas correspondientes a Prueba de Concepto (del inglés, proof of concept).

Implementación de un método o idea, realizada con el propósito de verificar que el concepto es susceptible de ser explotado de una manera útil. .... 33

## **Prototyper**

Herramienta de la empresa Justinmind, destinada a desarrolladores. Aplicación que facilita la tarea de prototipado de apps. .... 52

## **Rodalies**

Marca comercial usada por la Generalitat de Catalunya y Renfe Operadora para los servicios ferroviarios de cercanías traspasados por el Ministerio de Fomento de España a la Generalitat a partir del 1 de enero de 2010 ..... 11

## **SMART**

Palabra inglesa, que significa "inteligente". Dispositivos SMART son aquellos dotados de características especiales que los diferencian del resto de dispositivos. 21

## **Smart cities**

Ciudades que optan por la implementación de la tecnología sostenible para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. .... 11



## **Smartphone**

Teléfono móvil inteligente, capaz de conectarse a internet, gestionar cuentas de correo electrónico e instalar otras aplicaciones. .... 20

## **Sostenibilidad**

Cualidad de sostenible. Permite el crecimiento económico, de calidad de vida y de bienestar social, sin comprometer futuros recursos. .... 11

## **T-Mobilitat**

Proyecto promovido por la Generalitat de Catalunya. Basado en la digitalización del transporte público en 356 municipios catalanes. Finalización del sistema previsto para 2021 ..... 13

## **UML**

Lenguaje unificado de modelado (del inglés, Unified Modeling Language). Lenguaje gráfico para visualizar, especificar, contruir y documentar un sistema. .... 73

## **yED Graph Editor**

Programa de diagramación de propósito general con una interfaz de documentos múltiples. Es una aplicación multiplataforma escrita en Java que se ejecuta en Windows, Linux, Mac OS y otras plataformas compatibles con la Máquina Virtual de Java. .... 22

## 13.BIBLIOGRAFÍA

- Alibaba.com.** (En Línea). *Alibaba.com*. Obtenido de JINOU Bluetooth BLE 4,0/4,1:  
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/jinou-bluetooth-ble-4-0-4-1-programmable-beacon-ibeacon-eddystone-ti-cc2540-2541-chip-jo-bec09-60740596107.html>
- Anónimo.** (En Línea). *Wikipedia.org*. Obtenido de Bluetooth de baja energia:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth\\_de\\_baja\\_energ%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_de_baja_energ%C3%ADa)
- Anónimo.** (En Línea). *Wikipedia.org*. Obtenido de Diagrama de Casos de Uso:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_casos\\_de\\_uso](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_casos_de_uso)
- Cabello, C.** (7 de Julio de 2016). *Nobbot.com*. Obtenido de 9 usos reales para comprender qué son los “beacons”: <https://www.nobbot.com/redes/9-usos-reales-comprender-los-beacons/>
- Cruz, M. R.** (23 de Febrero de 2017). *BBVA.com*. Obtenido de ¿Qué son las 'smart cities?': <https://www.bbva.com/es/las-smart-cities/>
- EuropaPress.** (24 de Julio de 2018). *Europapress.es*. Obtenido de Renfe transporta 62,6 millones de pasajeros de Rodalies hasta junio, un 1,1% más:  
<https://www.europapress.es/economia/transportes-00343/noticia-renfe-transporta-626-millones-pasajeros-rodalies-junio-11-mas-20180724110606.html>
- Fuhr, R.** (5 de Abril de 2018). *Borealtech.com*. Obtenido de Todo acerca de los Beacons: usos y posibilidades que ofrecen: <https://borealtech.com/acerca-los-beacons-usos-posibilidades-ofrecen/>
- Guerero, D.** (19 de Julio de 2018). *LaVanguardia.com*. Obtenido de La T-Mobilitat sofre el enésimo retraso y no llegará hasta el 2019:  
<https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20180719/45963088732/t-mobilitat-tarjeta-transporte-metro-bus-retrasos.html>

**Hiribarren, V.** (En Línea). *Play.google.com*. Obtenido de Beacon Simulator:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=net.alea.beaconsimulator&hl=es\\_4](https://play.google.com/store/apps/details?id=net.alea.beaconsimulator&hl=es_4)  
19

**Justinmind.** (En Línea). *Justinmind.com*. Obtenido de Learning center:  
<https://www.justinmind.com/support/>

**Moldovan, M. C.** (18 de Diciembre de 2014). *Beeva Labs*. Obtenido de Beacons, usos y posibilidades: <https://labs.beeva.com/beacons-usos-y-posibilidades-2bdee4d67f65>

**Rodalies Gencat.** (2018). *Rodalies.gencat.cat*. Obtenido de Servicio Integrado ATM:  
[http://rodalies.gencat.cat/es/tarifas/servei\\_rodalia\\_barcelona/servei\\_integrat\\_atm](http://rodalies.gencat.cat/es/tarifas/servei_rodalia_barcelona/servei_integrat_atm)

**Rodalies Gencat.** (2018). *Rodalies.gencat.cat*. Obtenido de Condiciones de uso:  
[http://rodalies.gencat.cat/es/atencio\\_al\\_client/condicions\\_dus\\_2/](http://rodalies.gencat.cat/es/atencio_al_client/condicions_dus_2/)

**Rouse, M.** (Agosto de 2018). *Whatis.com*. Obtenido de API Gateway:  
<https://whatis.techtarget.com/definition/API-gateway-application-programming-interface-gateway>

**Ruiz, J. A.** (2 de Octubre de 2018). *Japon-secreto.com*. Obtenido de Las útiles tarjetas Suica y Pismo para viajar por Japón: <https://japon-secreto.com/viajar-japon-tarjetas-monederu-suica-pismo/>

**Tinkercad.** (En Línea). *Tinkercad.com*. Obtenido de Learn how to Tinker:  
<https://www.tinkercad.com/learn>

**Toulson, S.** (Noviembre de 2018). *Kontakt.io*. Obtenido de iBeacon Parameters: UUID, Major and Minor: <https://support.kontakt.io/hc/en-gb/articles/201620741-iBeacon-Parameters-UUID-Major-and-Minor>

**Verdugo, D. G.** (27 de Julio de 2017). *Solidgeargroup.com*. Obtenido de Beacons en Android: <https://solidgeargroup.com/beacons-en-android?lang=es>

**Vngiotlab.** (18 de Octubre de 2017). *github.io*. Obtenido de Introduction to Bluetooth Low Energy technology: [https://vngiotlab.github.io/vbluno/mydoc\\_ble.html](https://vngiotlab.github.io/vbluno/mydoc_ble.html)

**Yworkstube.** (27 de Mayo de 2011). *yworks.com*. Obtenido de Basic Editing with yEd: <https://www.yworks.com/products/yed/videos>