

COMUNICACIÓN BLUETOOTH ENTRE EQUIPO DE MEDICIÓN Y APP

Màster d'Enginyeria Informàtica

Estudiante: Carlos Fernández Moraga

Consultor: Jordi Almirall López

Fecha: 08 de enero de 2016

GNU Free Documentation

License (GNU FDL)

Copyright © 2016 Carlos Fernández Moraga.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>COMUNICACIÓN BLUETOOTH ENTRE EQUIPO DE MEDICIÓN Y APP</i>
Nombre del autor:	<i>Carlos Fernández Moraga</i>
Nombre del consultor:	<i>Jordi Almirall López</i>
Fecha entrega (mm/aaaa):	<i>8 de enero de 2016</i>
Área del trabajo final:	<i>Desenvolupament d'Aplicacions sobre Dispositius Mòbils</i>
Titulación:	<i>Màster d'Enginyeria Informàtica</i>
Resumen del trabajo (máximo 250 palabras):	
<p>El propósito del TFM (trabajo fin de máster), es demostrar e implantar la viabilidad de la comunicación entre un equipo de medida de señales de televisión digital de la empresa PROMAX y una aplicación que se ejecuta en un dispositivo Android. Mediante esta aplicación el dispositivo Android controla y configura el equipo de medida y recibe y presenta los datos enviados por éste. La comunicación entre ambos dispositivos se realiza mediante un enlace Bluetooth.</p> <p>La principal aportación de este trabajo es la de dotar al equipo de medición de PROMAX de una interfase de usuario más potente, agradable y moderna.</p> <p>Para la realización del proyecto se ha elegido el equipo PROMAX-12. Este es un equipo que no dispone de comunicación Bluetooth. Por tanto, otro de los trabajos contemplados en este proyecto ha sido el diseño y la modificación del hardware del PROMAX-12 para conectarle un módulo Bluetooth.</p> <p>La aplicación se ha desarrollado con el SDK de Google, Android Studio. Google dispone de un gran número de APIs con ejemplos de uso. Dentro de este gran número de ejemplos está la cuestión del Bluetooth.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

The aim of this work is to demonstrate and perform the communication between a PROMAX's digital TV measurement equipment and a self-designed software application executed in an Android device. By using this application, the Android device not only monitors and configures the measurement equipment, but also receives, processes and presents all acquired data. The communication between both devices is done by Bluetooth.

TFM's main contribution is providing an enhanced user interface, more powerful, user-friendly and modern to the measurement equipment.

To this end, it has been chosen PROMAX-12 as measurement equipment. Since Bluetooth communication is not available in this device, another task done within this project has been the design and modification of its hardware in order to connect a Bluetooth module.

The application has been designed with Google's SDK, Android Studio. Google has many APIs with application examples and some of them address Bluetooth's configuration.

Palabras clave (entre 4 y 8):

Comunicación Bluetooth equipo Android

Dedico este proyecto a mi mujer por haber estado a mi lado cada día, a mis hijos por la fuerza que me dan para seguir en todos los proyectos que me embarco y en especial, en estos duros momentos de mi vida y con todo mi corazón se lo dedico a mi padre, que se acaba de marchar sin previo aviso del camino de mi vida.

Te quiero papá

ÍNDICE

GLOSARIO:	7
1.- INTRODUCCIÓN	9
1.1.- Justificación:	9
1.2.- Descripción del proyecto:	10
1.3.- Objetivos:	14
1.3.1.- Requisitos no funcionales:	14
1.3.2.- Requisitos funcionales:	14
1.4.- Enfoque y método:	15
1.5.- Planificación:	16
1.5.1.- Recursos necesarios hardware:	16
1.5.2.- Recursos necesarios software:	17
1.5.3.- Planificación por tareas inicial:	18
1.5.4.- Diagrama de Gantt inicial:	20
1.5.5.- Planificación por tareas Final:	21
1.5.6.- Diagrama de Gantt Final:	23
1.5.7.- Planificación por tareas comentario:	23
1.6.- Productos obtenidos:	24
1.7.- Descripción de otros capítulos de la memoria:	24
2.- VALORACIÓN DE RIESGOS	25
3.- DISEÑO CONCEPTUAL	29
3.1.- Escenarios de uso:	29
3.1.1.- Escenarios de uso instalador del servicio:	29
3.1.2.- Escenarios de uso: Operador de televisión por cable:	30
3.1.3.- Escenarios de uso: Instalador de cable:	31
3.2.- Flujos de interacción:	32

4.- PROTOTIPAJE	36
4.1.- Sketches:	36
4.1.1.- Pantalla menú inicio:	36
4.1.2.- Pantalla menú selección:	37
4.1.3.- Pantalla ESPECTRO:	38
4.1.4.- Pantalla SCAN:	39
4.1.5.- Pantalla CONSTELACIÓN:	40
4.2.- Prototipo vertical de alta definición:	41
4.2.1.- Pantalla de inicio:	41
4.2.3.- Pantalla ESPECTRO:	43
4.2.4.- Pantalla SCAN:	44
4.2.5.- Pantalla CONSTELACIÓN:	45
5.- DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE USO	46
5.1.- Diagrama:	46
5.2.- Listado de los casos:	47
6.- DESARROLLO	50
6.1.- Herramientas y librerías:	50
6.2.- Comunicación Bluetooth:	51
6.3.- Soporte bluetooth al PROMAX-12:	52
6.3.1.- Modificación Hardware del PROMAX-12:	52
6.3.2.- Modificación firmware del “PROMAX-12:	52
6.4.- Bluetooth en la APP:	53
6.4.1.- Problemas con el código de ejemplo de Google:	54
6.5.- Comandos de comunicación:	57
6.6.- Captura de pantalla del menú selección:	59
6.7.- Captura de pantalla ESPECTRO:	60
6.8.- Captura de pantalla del SCAN:	62
6.9.- Captura de pantalla de la CONSTELACIÓN:	64

7.- PRUEBAS	67
7.1.- Pruebas unitarias:	67
7.2.- Pruebas funcionales:	70
8.- INSTALACIÓN	73
9.- CONCLUSIONES	74
10.- BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Comunicación Bluetooth con dispositivos Android	10
Ilustración 2: Modo Scan PROMAX-12	11
Ilustración 3: Modo Analizador de Espectros PROMAX-12	12
Ilustración 4: Modo Analizador de constelación de QAM PROMAX-12	12
Ilustración 5: Modo Analizador de constelación de COFDM PROMAX-12	13
Ilustración 6: Flujos de interacción inicio	32
Ilustración 7: Flujos de interacción pantalla SPECT	33
Ilustración 8: Flujos de interacción pantalla SCAN	34
Ilustración 9: Flujos de interacción pantalla CONSTELACIÓN	35
Ilustración 10: Sketche Pantalla menú inicio	36
Ilustración 11: Sketche Pantalla menú selección	37
Ilustración 12: Sketche Pantalla ESPECTRO	38
Ilustración 13: Sketche Pantalla SCAN	39
Ilustración 14: Sketche Pantalla CONSTELACIÓN	40
Ilustración 15: Prototipo Pantalla de inicio	41
Ilustración 16: Prototipo Pantalla de menú selección	42
Ilustración 17: Prototipo Pantalla de ESPECTRO	43
Ilustración 18: Prototipo Pantalla de SCAN	44
Ilustración 19: Prototipo Pantalla de CONSTELACIÓN	45
Ilustración 20: Diagrama de casos de uso	46
Ilustración 21: Modificación hardware del PROMAX-12	52
Ilustración 22: Captura de pantalla del menú selección	59
Ilustración 23: Captura de pantalla ESPECTRO	60
Ilustración 24: Captura de pantalla Espectro Span a 100MHz	61
Ilustración 25: Captura de pantalla Espectro Span a 15MHz	61

Ilustración 26: Captura de pantalla SCAN	62
Ilustración 27: Captura de pantalla de la CONSTELACIÓN	64
Ilustración 28: Punto de constelación	65
Ilustración 29: Kit de evaluación de Bluetooth LAIRD TECHNOLOGIES BTM430	67
Ilustración 30: Prueba funcionales pantalla SCAN	70
Ilustración 31: Prueba funcionales pantalla ESPECTRO	71
Ilustración 32: Prueba funcionales 2	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tareas iniciales	19
Tabla 2: Gantt inicial	20
Tabla 3: Horaria	20
Tabla 4: Tareas finales	22
Tabla 5: Gantt Final	23
Tabla 6: Tipificación de la probabilidad	25
Tabla 7: Tipificación del impacto	25
Tabla 8: Impacto, Probabilidad	26
Tabla 9: Riesgos del proyecto	27
Tabla 10: Medidas correctoras	28
Tabla 11: Caso de uso 1	29
Tabla 12: Caso de uso 2	30
Tabla 13: Caso de uso 3	31
Tabla 14: Casos CU-001	47
Tabla 15: Casos CU-002	47
Tabla 16: Casos CU-003	48
Tabla 17: Casos CU-004	48
Tabla 18: Casos CU-005	49
Tabla 19: Casos CU-006	49
Tabla 20: Comandos de comunicación	58

GLOSARIO:

Se ha incluido el glosario al inicio del TFM ya que hay mucha terminología específica y no habitual en referencia a la informática.

Api's: Application Programming Interface, conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

APP: Término inglés y abreviado para referirse a aplicaciones para teléfonos móviles inteligentes.

Array: Es un conjunto de variables del mismo tipo que tienen el mismo nombre y se diferencian en el índice.

BER: Bit error rate.

BT: Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal.

Buffer: Es un espacio de memoria, en el que se almacenan datos de manera temporal.

Canvas: (lienzo en inglés) Es un elemento que permite la generación de gráficos dinámicamente

COFDM: (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Es una técnica compleja de modulación de banda ancha utilizada para transmitir información digital a través de un canal de comunicaciones.

dBuV: Es una unidad empleada en telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre una magnitud de tensión y una magnitud de referencia (1 uV en este caso).

Firmware: El firmware es un programa informático que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo

Git: Es un software de control de versiones diseñado por Linus Torvalds, pensando en la eficiencia y la confiabilidad del mantenimiento de versiones de aplicaciones cuando éstas tienen un gran número de archivos de código fuente.

Handler: Es un tipo particular de punteros "inteligentes". Los handlers son utilizados cuando un programa hace referencia a bloques de memoria u o a objetos controlados por otros sistemas, tales como una base de datos o un sistema operativo.

Interacción: Es una acción recíproca entre dos o más objetos, sustancias, personas o agentes.

Interfaz: En informática se utiliza para nombrar a la conexión funcional entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

MER: Tasa de error de modulación.

Promax: Empresa que diseña y fabrica equipos de medición electrónica.

QAM: Quadrature Amplitude Modulation, es una técnica que transporta dos señales independientes, mediante la modulación de una señal portadora, tanto en amplitud como en fase.

SAT: Servicio de Asistencia Técnica.

SDK: Software Development Kit, conjunto de herramientas de desarrollo de software que le permite al programador o desarrollador de software crear aplicaciones para un sistema concreto.

Software: Se conoce como software al equipo lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

Spinner: Es un elemento de las interfaces gráficas que permite al usuario ajustar un valor dentro de un cuadro de texto.

SR: Velocidad de símbolo.

String: Cadena de caracteres.

TFM: Trabajo final de máster

XP: La programación extrema es una metodología de desarrollo de la ingeniería de software.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Justificación:

Cada vez se usan más los smartphones, como si se trataran de ordenadores personales. En la industria cuando se lanza al mercado un nuevo producto, éste tiene que tener una APP para conectarse con nuestros dispositivos.

Desde los coches hasta los aires acondicionados, smartTV, equipos de música, lámparas Leds, es una moda que se ha impuesto, ya que ofrece comodidad al usuario, porque el usuario siempre tiene a mano su móvil, de esta manera con un dispositivo puede controlar todos los equipos de casa.

1.2.- Descripción del proyecto:

El objetivo del proyecto es la evaluación de la viabilidad, de realizar una APP en Android con el entorno de desarrollo “Android Studio”, para poder controlar un equipo de la empresa PROMAX-12 mediante una tablet o un móvil con sistema operativo Android.

La empresa PROMAX ELECTRÓNICA S.L. me encargó el mantenimiento del firmware del equipo PROMAX-12. Por tanto tengo acceso a él, pudiendo modificar el hardware y el firmware del equipo de medición para poder implementar la comunicación mediante Bluetooth.

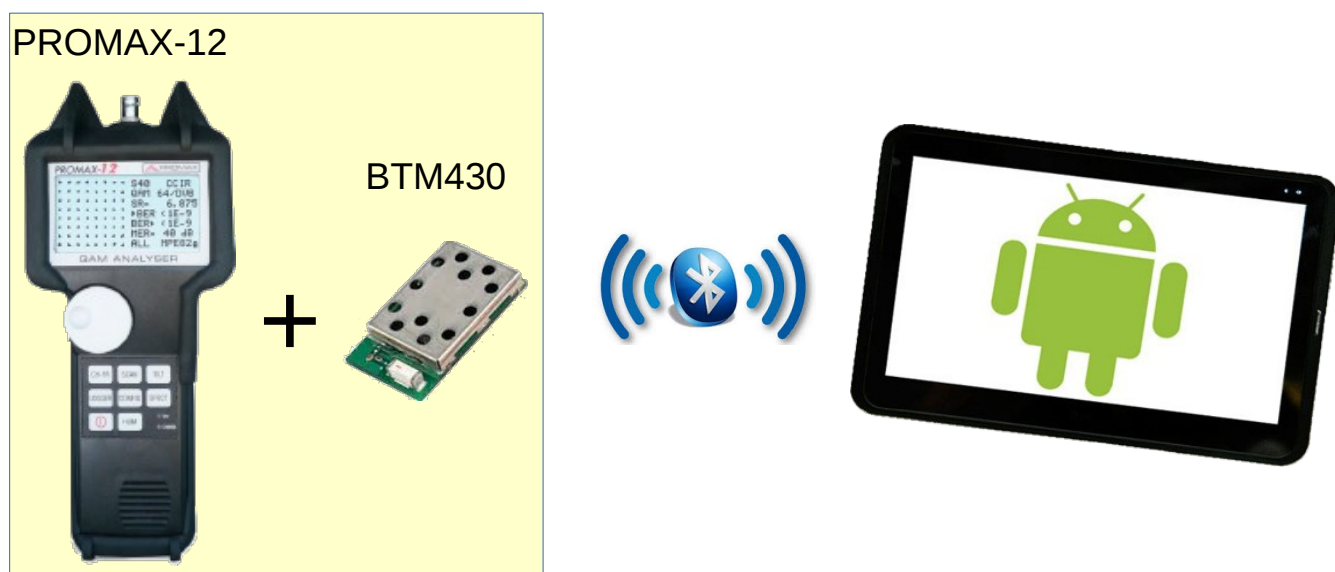


Ilustración 1: Comunicación Bluetooth con dispositivos Android

El PROMAX-12 es un equipo multifuncional para el instalador de telecomunicaciones que integra varias funciones: Medidor de Nivel, Logger (Captura automática de medidas), Scan, Tilt, Analizador de Espectros, medición y detección de tipo de voltaje (AC/DC), HUM y Analizador Digital de Cable, que permite la instalación y el mantenimiento de sistemas de recepción y distribución de señal de televisión analógica y digital en el margen de 5 a 1005 MHz, es decir, radio FM, TV "colectivas" (MATV), aplicaciones de TV por cable (CATV) y aplicaciones de TV "wireless cable" (MMDS) incluyendo la subbanda (canal de retorno).

Toda la información se presenta en una pantalla monocroma de 2,7 pulgadas con una resolución de 128 x 64 píxeles.

En el modo Scan, el PROMAX-12 muestra el nivel de todos los canales activos en la canalización mediante una gráfica de barras. El span y el nivel de referencia son modificables. Un marcador desplazable indica el nivel de potencia exacto de cada canal en particular.

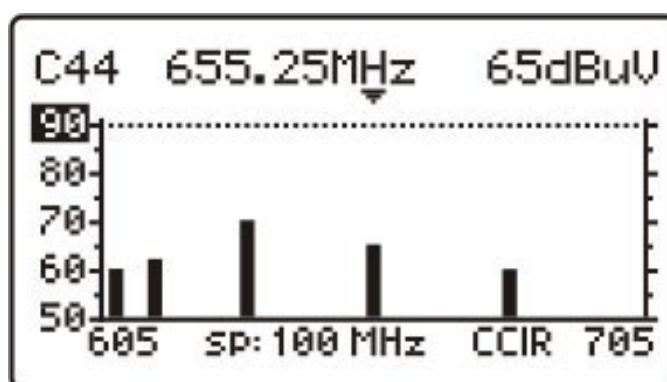


Ilustración 2: Modo Scan PROMAX-12

Como analizador de Espectros proporciona un análisis de toda la banda. El span es variable entre 1 y 100 MHz, además es posible modificar el nivel de referencia y se pueden detectar y mantener los valores máximo y mínimo.

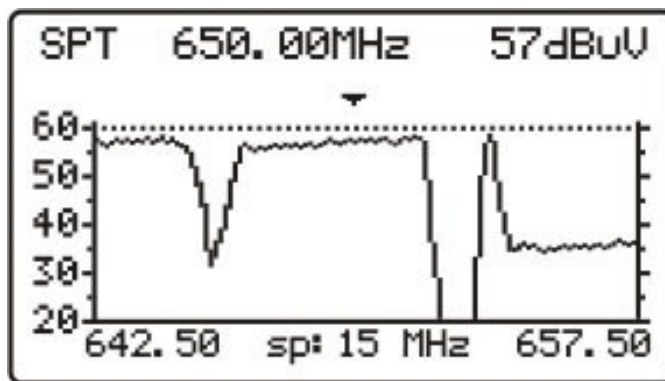


Ilustración 3: Modo Analizador de Espectros PROMAX-12

Como analizador de constelación de QAM, se presenta el diagrama de la Constelación y varias medidas relacionadas, tipo de modulación QAM, tipo de codificación detectada, velocidad de símbolo (SR), tasa de error obtenida para la señal digital Post-BER (BER después de FEC), tasa de error obtenida para la señal digital Pre-BER (BER antes de FEC), tasa de error de modulación (MER). Enganchada o no (Locked /Unlocked).

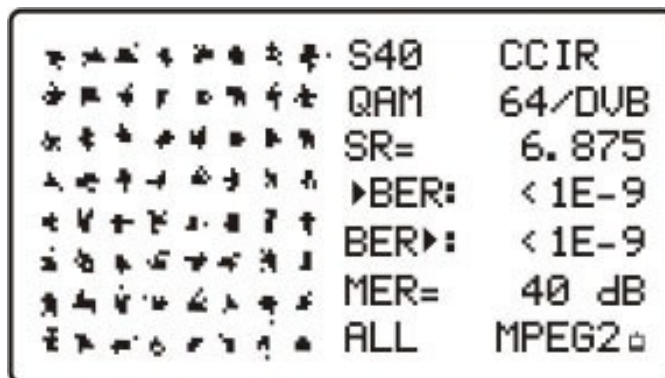


Ilustración 4: Modo Analizador de constelación de QAM PROMAX-12

Como analizador de constelación de COFDM, se presenta el diagrama de la Constelación y varias medidas relacionadas, tipo de modulación QAM, tipo de codificación detectada, tasa de error obtenida para la señal digital Post-BER (BER después de FEC), tasa de error obtenida para la señal digital Pre-BER (BER antes de FEC), tasa de error de modulación (MER). Enganchada o no (Locked /Unlocked).

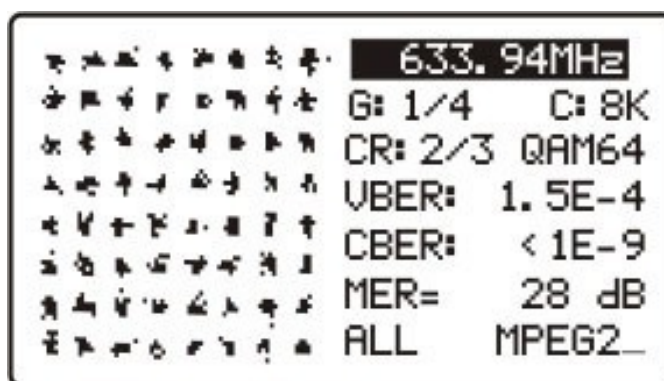


Ilustración 5: Modo Analizador de constelación de COFDM PROMAX-12

Lo que quiero conseguir es una APP que realice las funciones principales y aprovechando las pantallas grandes en color y táctiles de nuestros dispositivos, realizar una APP que saque provecho de estas cualidades, poder representar las principales opciones para comprobar la viabilidad del proyecto para que se convierta en un proyecto real y comercial.

La APP se daría como un servicio más, sería una APP gratuita que aportaría un valor añadido al equipo de medición.

1.3.- Objetivos:

El objetivo del TFM, es la evaluación de la viabilidad de la comunicación por Bluetooth de un equipo de medición con una tablet o móvil.

Está centrado en equipos con sistema operativo Android para la versión 4.4 y posteriores.

Crear la base para la realización de APPs que se comuniquen con los equipos de medición, para dar un valor añadido a los equipos y que los usuarios puedan aprovechar estas nuevas interfaces de comunicación con los equipos desde sus propios dispositivos móviles.

1.3.1.- Requisitos no funcionales:

- **Dispositivos móviles:** La APP solo funcionará con sistemas Android.
- **Versión de Android:** La APP solo funcionará con sistemas Android desde la versión 4.4.
- **Equipos:** La APP solo se conectará al equipo PROMAX-12.
- **Versión del Bluetooth:** El sistema solo se podrá conectar a dispositivos móviles con la versión Bluetooth 2.1 y posteriores.

1.3.2.- Requisitos funcionales:

- **Conexión:** El usuario se podrá conectar por medio de Bluetooth con su equipo al introducir la contraseña del dispositivo Bluetooth.
- **Interacción:** El usuario podrá interactuar con el equipo PROMAX-12.

1.4.- Enfoque y método:

El método utilizado es una adaptación de la programación XP (EXtreme Programing), que consiste en dividir el proyecto en historias cortas e ir produciendo entregables.

Ésta es una de las mejores estrategias, ya que a medida que se vaya avanzando el proyecto se irá teniendo una APP más completa y desde el desarrollo de la primera historia ya tendremos una APP funcional.

Consiste en enumerar las etapas que tiene el proyecto, que está compuesto por las siguientes:

1. Análisis previo y planificación.
2. Análisis de requisitos.
3. Modificaciones hardware para conexión Bluetooth.
4. Modificaciones en el Firmware de PROMAX-12
5. Diseño de la APP.
6. Implementación de la APP.
7. Pruebas.
8. Entrega del producto TFM.

1.5.- Planificación:

1.5.1.- Recursos necesarios hardware:

Para la realización del TFM es necesario un hardware mínimo.

El propósito de la TFM, es la conexión entre dos dispositivos físicos mediante la comunicación por aire (Bluetooth). Por lo tanto, se necesitara un equipo PROMAX-12 modificado con un módulo Bluetooth y un dispositivo Android con Bluetooth donde se ejecutará nuestra aplicación creada.

También es necesario un ordenador para poder desarrollar la aplicación y los documentos que se tienen que ir entregando en el desarrollo del TFM.

Los principales recursos de hardware son:

- Equipo de medición PROMAX-12.
- Módulo de comunicación Bluetooth LAIRD TECHNOLOGIES BTM430.
- Un móvil Elephone P8000 con Android 5.1 pantalla 5.5”.
- Una tablet ASUS K010 con Android 4.4 pantalla 10”.
- Ordenador HP Pavilion 15” con sistema operativo Ubuntu 15.04.
- Un osciloscopio.
- Un analizador lógico.

1.5.2.- Recursos necesarios software:

Será necesario un software para poder realizar tareas del TFM, un software específico para la programación de la aplicación, procesador de texto para la realización de los documentos, editor de imágenes para la realización de iconos y otros aspectos visuales de los documentos y la aplicación.

Se ha usado un control de versiones ya que facilita mucho la vida al programador .

Para la edición y grabación de los vídeos de presentación y defensa, se ha usado el programa que se aconseja en el módulo (Exposición de contenidos en vídeo PID_00191581.epub) Camtasia Studio.

Los principales programas usados son los siguientes:

- Entorno de desarrollo - Android Studio 1.3.2
- Programa de ofimática - Libre Office.
- Programa de proceso de imágenes - Gimp.
- Gestor de proyectos - GanttProject v2.7.1
- Software de control de versiones - GIT
- Un editor gráfico de vectores – Inkscape.
- Un editor de vídeo - Camtasia Studio 8.6.0

1.5.3.- Planificación por tareas inicial:

TABLA DE TAREAS INICIALES				
Identificador tarea	Nombre tarea	Descripción de la tarea	Fecha inicio	Fecha Final
T001	Análisis previo y planificación	En esta fase es donde se busca información e ideas para el TFM.	16/09/15	25/09/15
T002	Análisis de requisitos	En esta fase se busca la herramienta y el software necesario, para poder llevar a cabo el TFM una vez decidido el enunciado.	25/09/15	29/09/15
T003	Modificaciones hardware	Esta parte consiste en encontrar la manera de poder conectar las dos partes del hardware, el módulo BTM430 con PROMAX-12.	01/10/15	09/10/15
T004	Modificaciones en el Firmware de PROMAX-12	Esta fase se hará en paralelo con el desarrollo de la APP ya que a medida que se avance el programa, se tendrán que ir añadiendo nuevos comandos para poder controlar las nuevas funciones.	12/10/15	15/12/15
T005	Diseño de la APP	En esta fase se hará un diseño en papel de la pantallas y funciones que se quieren implementar.	25/09/15	09/10/15
T006	Implementación de la APP	Se desarrollará la APP en interacciones.	12/10/15	15/12/15
T061	Conexión BT	Dar acceso al dispositivo bluetooth a la APP y que pueda enviar y recibir comandos de prueba.	12/10/15	18/10/15
T062	Pantalla SPECT	Crear la primera pantalla, espectro de frecuencias que irá de 5 a 1005 MHz.	19/10/15	01/11/15
T063	Comandos SPECT	Crear nuevos comandos para modificar parámetros del equipo.	02/11/15	06/11/15

T064	Redimensionar SPECT	Cambiar la resolución del SPAN vista de SCAN y poder cambiar la frecuencia del equipo.	09/11/15	20/11/15
T065	Pantalla Constelación	Crear la pantalla de constelación.	23/11/15	29/11/15
T066	Comandos Constelación	Crear nuevos comandos para modificar parámetros de pantalla de constelación.	30/11/15	06/12/15
T067	Colisiones constelación	Crear un sistema de visualización de colisiones para que cambie de color los puntos que donde se producen colisiones	07/12/15	10/12/15
T007	Pruebas	Se irán probando en cada interacción del proyecto	12/10/15	15/12/15
T008	Entrega del producto TFM.	Entrega del producto TFM.	15/12/15	08/01/16
T009	PAC1	Realización de la PAC1	16/09/15	16/09/15
T010	PAC2	Realización de la PAC2	01/10/15	28/10/15
T011	PAC3	Realización de la PAC3	29/10/15	15/12/15

Tabla 1: Tareas iniciales

1.5.4.- Diagrama de Gantt inicial:

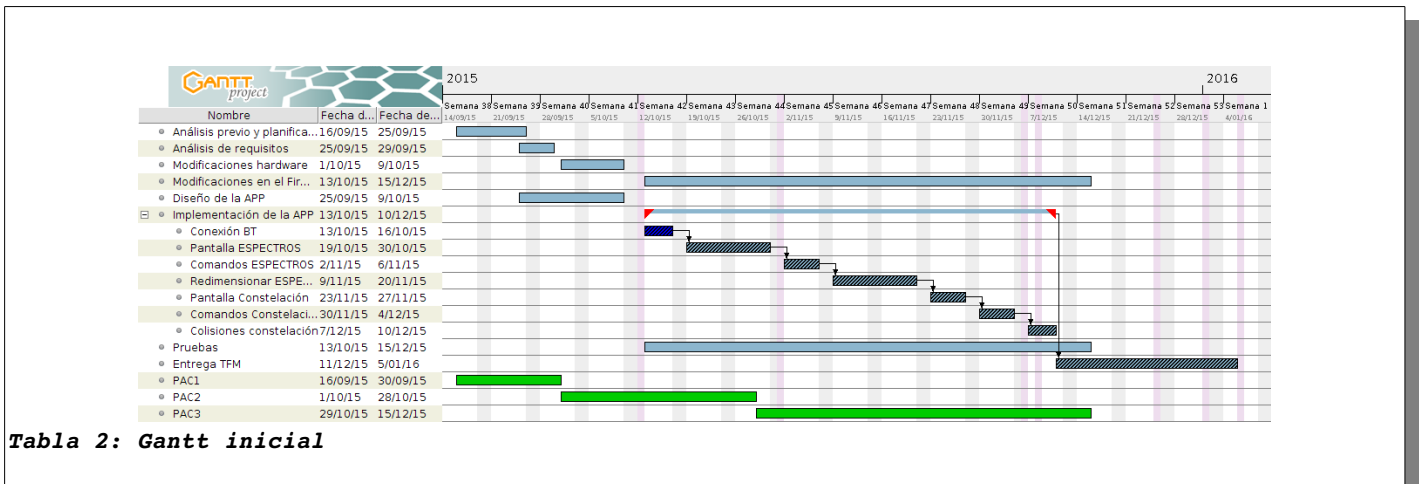


Tabla 2: Gantt inicial

TABLA HORARIA	
Días laborables de la semana	Dos horas día
Días festivos de la semana	Una hora día

Tabla 3: Horaria

1.5.5.- Planificación por tareas Final:

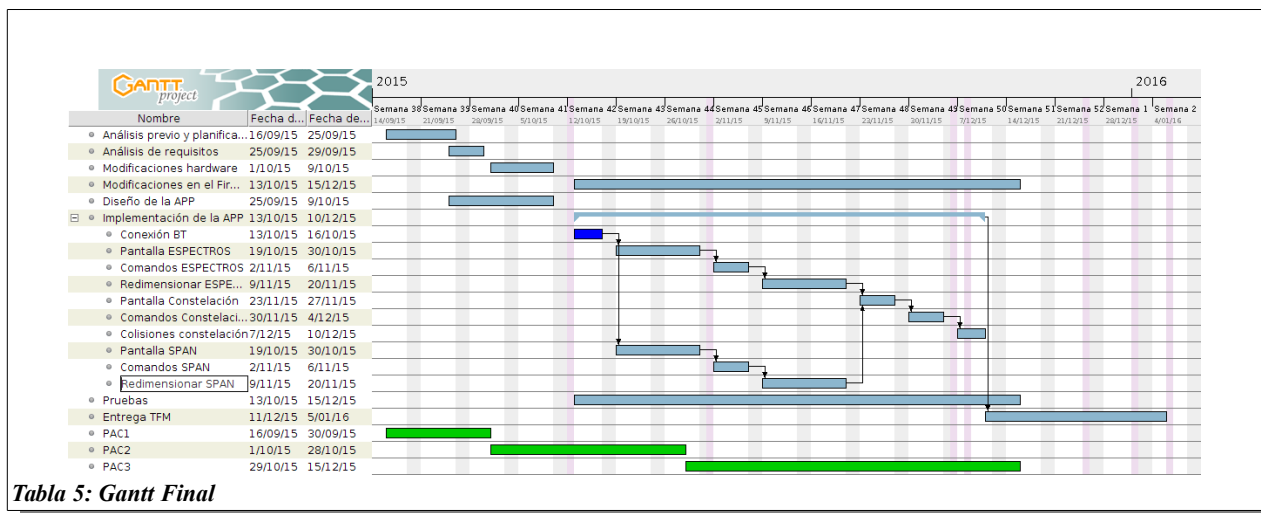
Se han tenido que añadir una pantalla nueva y un par de clases más, en consecuencia se han aumentado las tareas.

<i>TABLA DE TAREAS FINALES</i>				
Identificador Tarea	Nombre tarea	Descripción de la tarea	Fecha inicio	Fecha Final
T001	Análisis previo y planificación	En esta fase es donde se busca información e ideas para el TFM	16/09/15	25/09/15
T002	Análisis de requisitos	En esta fase se busca la herramienta y el software necesario para poder llevar a cabo el TFM una vez decidido el enunciado.	25/09/15	29/09/15
T003	Modificaciones hardware	En esta parte hay que encontrar la manera de poder conectar las dos partes del hardware, el módulo BTM430 con PROMAX-12.	01/10/15	09/10/15
T004	Modificaciones en el Firmware de PROMAX-12	Esta fase se hará en paralelo con el desarrollo de la APP ya que a medida que se avance el programa, se tendrán que ir añadiendo nuevos comandos para poder controlar las nuevas funciones.	12/10/15	15/12/15
T005	Diseño de la APP.	En esta fase se hará un diseño en papel de la pantallas y funciones que se quieren implementar.	25/09/15	09/10/15
T006	Implementación de la APP	Se desarrollará la APP en iteraciones.	12/10/15	15/12/15
T061	Conexión BT	Dar acceso al dispositivo bluetooth a la APP y que pueda enviar y recibir comandos de prueba.	12/10/15	18/10/15

T062	Pantalla SPECT	Crear la primera pantalla, espectro de frecuencias que irá de 5 a 1005 MHz.	19/10/15	01/11/15
T063	Comandos SPECT	Crear nuevos comandos para modificar parámetros del equipo.	02/11/15	06/11/15
T064	Redimensionar SPECT	Cambiar la resolución del SPAN vista de SPECT y poder cambiar la frecuencia del equipo.	09/11/15	20/11/15
T065	Pantalla Constelación	Crear la pantalla de constelación.	23/11/15	29/11/15
T066	Comandos Constelación	Crear nuevos comandos para modificar parámetros de pantalla de constelación.	30/11/15	06/12/15
T067	Colisiones constelación	Crear un sistema de visualización de colisiones para que cambie de color los puntos que donde se producen colisiones	07/12/15	10/12/15
T068	Pantalla SCAN	Crear la primera pantalla, espectro de frecuencias que irá de 5 a 1005 MHz.	19/10/15	01/11/15
T069	Comandos SCAN	Crear nuevos comandos para modificar parámetros del equipo.	02/11/15	06/11/15
T070	Redimensionar SPAN	Cambiar la resolución del SPAN vista de SCAN y poder cambiar la frecuencia del equipo.	09/11/15	20/11/15
T007	Pruebas	Se irán probando en cada iteración del proyecto	12/10/15	15/12/15
T008	Entrega del producto TFM.	Entrega del producto TFM.	15/12/15	08/01/16
T009	PAC1	Realización de la PAC1	16/09/15	16/09/15
T010	PAC2	Realización de la PAC2	01/10/15	28/10/15
T011	PAC3	Realización de la PAC3	29/10/15	15/12/15

Tabla 4: Tareas finales

1.5.6.- Diagrama de Gantt Final:



1.5.7.- Planificación por tareas comentario:

La pantalla nueva de SCAN, es muy similar a la de ESPECTRO, por eso se han realizado conjuntamente en la planificación y se han ido desarrollando en paralelo.

La pantalla SCAN muestra los canales que tienen señal y esto ha hecho que se tengan que añadir dos clases nuevas para poder dar funcionalidad a la pantalla SCAN.

1.6.- Productos obtenidos:

Al final del TFM se entregaran tres partes, una aplicación funcional, que se ha ido desarrollando a lo largo del TFM (en esta parte también se entregara el código fuente), un documento donde se comentan los aspectos más importantes del desarrollo del TFM, que es la memoria y un vídeo de presentación y, defensas del proyecto que incluirá, un vídeo de demostración del funcionamiento de la aplicación.

Los principales productos obtenidos son los siguientes:

- La **APP** desarrollada.
- La **memoria**.
- La **presentación**.

1.7.- Descripción de otros capítulos de la memoria:

A lo largo de TFM se irán realizando tareas necesarias para el desarrollo de la aplicación, estas tareas serán explicadas en los siguientes capítulos de la memoria.

- **Valoración de riesgos:** Se realizará una valoración de riesgos.
- **Diseño de la APP:** Se mostrará el diseño de las interfaces de usuario.
- **Desarrollo de la APP:** Se detalla el desarrollo y los problemas encontrados.
- **Capturas de pantallas:** Se pondrán capturas de pantalla de la APP y el equipo funcionando.
- **Instalación:** Se hará una guía de instalaciones, para que un usuario se puede instalar la APP.
- **Conclusiones:** Se hará un resumen de las conclusiones obtenidas.
- **Glosario.**
- **Bibliografía.**

2.- VALORACIÓN DE RIESGOS:

La cuantificación de los riesgos, se hace en base a la probabilidad de que suceda y el impacto que tendría el acontecimiento correspondiente al riesgo en el caso de que se produjera.

La tipificación se hará en base a las siguientes tablas:

TABLA <i>Tipificación de la probabilidad</i>	
Posibilidad(%) de materialitzación	Probabilidad
<20%	baja
20%-50%	mediana
>50%	alta

Tabla 6: Tipificación de la probabilidad

TABLA <i>Tipificación del impacto</i>			
AFECTACIONES	IMPACTO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Incremento en Tiempo	<5%	5-15%	>15%
Incremento en Coste	<5%	5-10%	> 10%
Áreas afectadas	funciones secundarias	funciones generales	funciones básicas
Merma de Calidad	mínima	apreciable	obvia

Tabla 7: Tipificación del impacto

A partir de estas tipificaciones, el nivel del riesgo se obtendrá por correlación de las dos en base a la siguiente matriz:

impacto	Alto	medio	alto	máximo
	Medio	bajo	medio	alto
	Bajo	bajo	bajo	alto

Tabla 8: Impacto, Probabilidad

Baja Media Alta
Probabilidad

TABLA RIESGOS DEL PROYECTO							
Código	Nombre	Causa	Descripción	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Nivel
R01	Comunicación Bluetooth PROMAX-12	No poder conectar el módulo Bluetooth al PROMAX-12	El equipo sea incapaz de comunicarse con el módulo	No poder trabajar con este modulo y buscar una alternativa	Baja	Medio	Bajo
R02	Comunicación PROMAX-12 con aplicación	Que el protocolo Bluetooth no sea capaz de conectarse entre los dispositivos	El módulo bluetooth del PROMAX-12 no se entiende con los dispositivos Android	No poder trabajar con este módulo y buscar una alternativa	Media	Medio	Medio
R03	Velocidad de mensajes	La transmisión de mensajes sea insuficiente para poder dar una experiencia al usuario buena	Los comandos AT que se envían entre el PROMAX-12 y el dispositivo Android tienen una velocidad baja	La representación de las pantallas son lentas y dan una mala sensación al usuario	Baja	Bajo	Bajo

Tabla 9: Riesgos del proyecto

TABLA MEDIDAS CORRECTORAS				
Código	Acción	Tipo	Riesgo Residual	Fecha limite
A01R01	Buscar otro equipo de PROMAX que podamos usar para la realización del proyecto.	Medio	Bajo	09/10/15
A01R02	Buscar otro módulo Bluetooth que nos pueda servir para establecer comunicación	Medio	Bajo	16/10/15
A01R03	Intentar subir la velocidad del módulo Bluetooth para incrementar el número de paquetes de transmisión y recepción.	Medio	Medio	10/12/15

Tabla 10: Medidas correctoras

3.- DISEÑO CONCEPTUAL:

3.1.- Escenarios de uso:

3.1.1.- Escenarios de uso instalador del servicio:

TABLA CASO DE USO 1	
Perfil	Instalador del servicio.
Contexto	Acaba de hacer una instalación de cable a un abonado y tiene que comprobar que los niveles sean correctos.
Objetivos	Verificar la correcta instalación del cableado en el lugar del abonado.
Tareas para el cumplimiento del objetivo	Medir el nivel de señal en una instalación.
Necesidades de información	Necesita saber con que nivel de señal llegan los canales.
Funcionalidades necesarias	Representación del nivel de señal por pantalla.
Cómo desarrollar la tarea	Tiene que conectar el PROMAX-12 al cable y abrir la APP, buscar la frecuencia del canal y en la APP se le mostrará el nivel de señal.

Tabla 11: Caso de uso 1

3.1.2.- Escenarios de uso: Operador de televisión por cable:

TABLA CASO DE USO 2	
Perfil	Operador de televisión por cable.
Contexto	Un abonado ha llamado al SAT porque tiene un problema, con un canal que pierde la señal.
Objetivos	Verificar el nivel y la codificación del canal.
Tareas para el cumplimiento del objetivo	Verificar el nivel y la codificación del canal.
Necesidades de información	Necesita saber con qué nivel de señal llega el canal y las características de la constelación.
Funcionalidades necesarias	Representación del nivel de señal por pantalla y la constelación.
Cómo desarrollar la tarea	Tiene que conectar el PROMAX-12 al cable y abrir la APP, buscar la frecuencia del canal y en la APP se le mostrará el nivel de señal. Después tiene que ir a la pantalla de constelación y ver la constelación.

Tabla 12: Caso de uso 2

3.1.3.- Escenarios de uso: Instalador de cable:

TABLA CASO DE USO 3	
Perfil	Instalador de cable.
Contexto	Acaba de hacer una instalación de cable hasta un edificio y tiene que comprobar que los niveles sean correctos.
Objetivos	Verificar la correcta instalación del cableado.
Tareas para el cumplimiento del objetivo	Medir el nivel de señal en una instalación.
Necesidades de información	Necesita saber con qué nivel de señal llegan los canales.
Funcionalidades necesarias	Representación del nivel de señal por pantalla.
Cómo desarrollar la tarea	Tiene que conectar el PROMAX-12 al cable y abrir la APP, buscar la frecuencia del canal y en la APP se le mostrará el nivel de señal.

Tabla 13: Caso de uso 3

3.2.- Flujos de interacción:

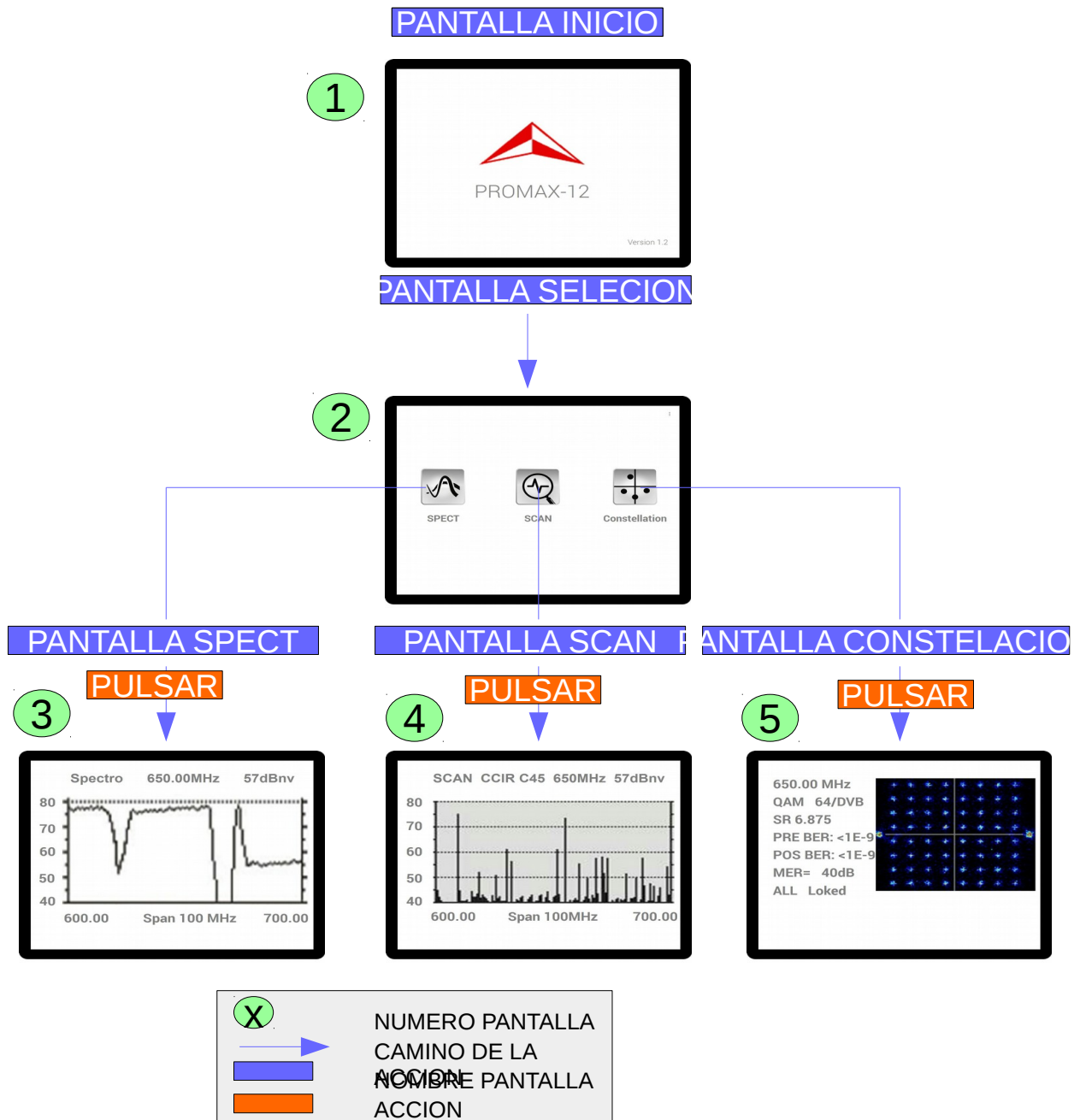


Ilustración 6: Flujos de interacción inicio

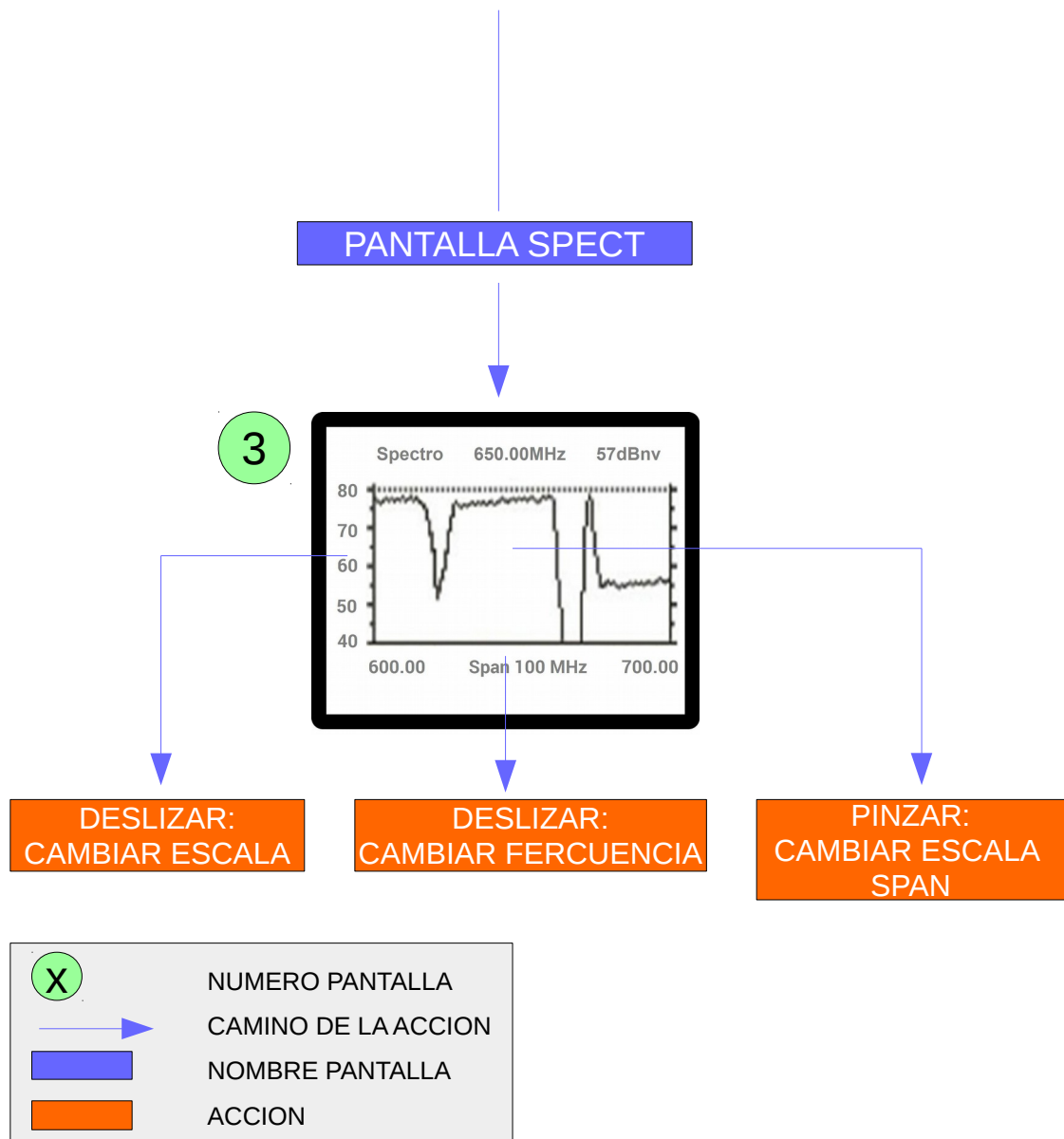


Ilustración 7: Flujos de interacción pantalla SPECT

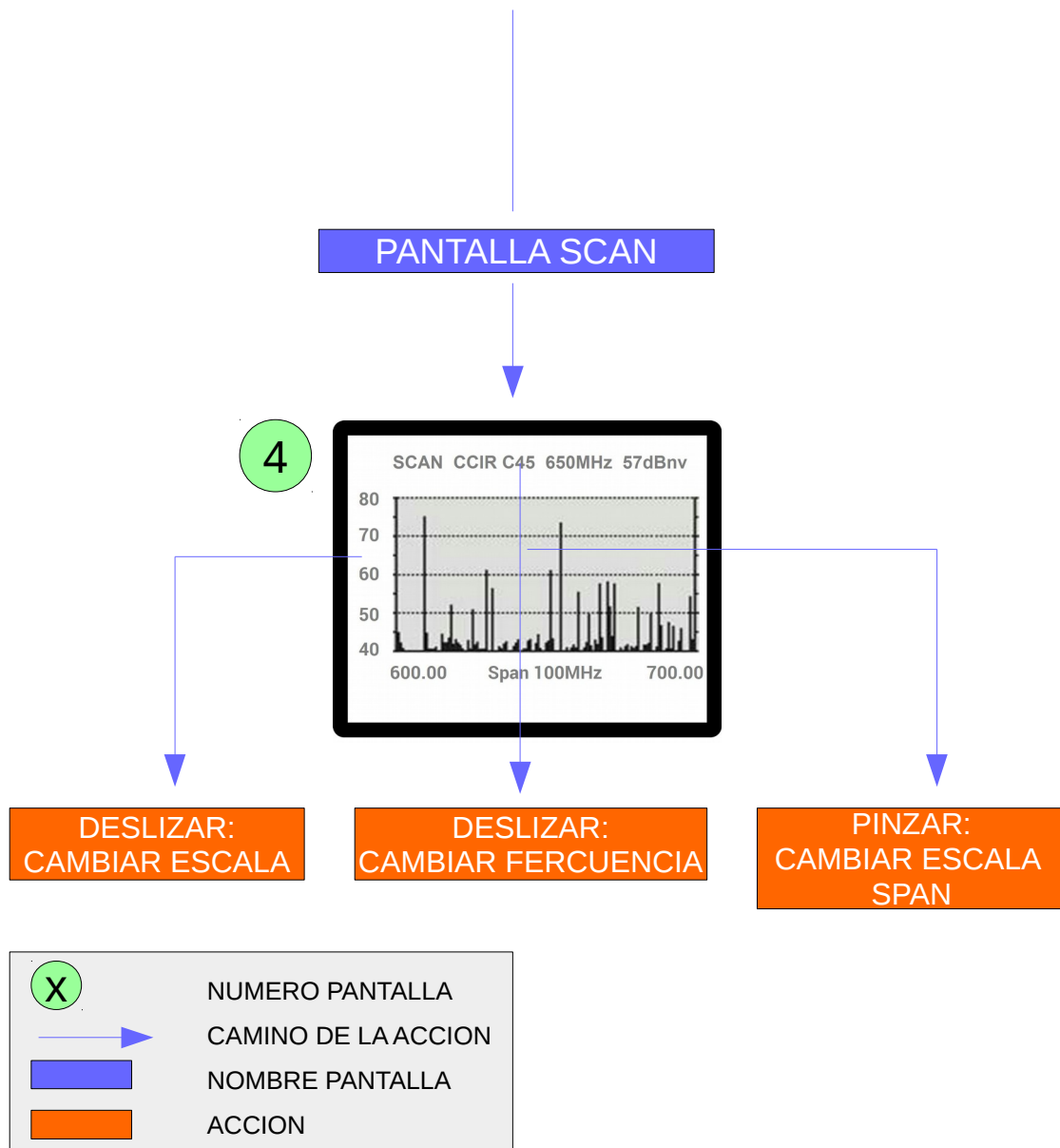


Ilustración 8: Flujos de interacción pantalla SCAN

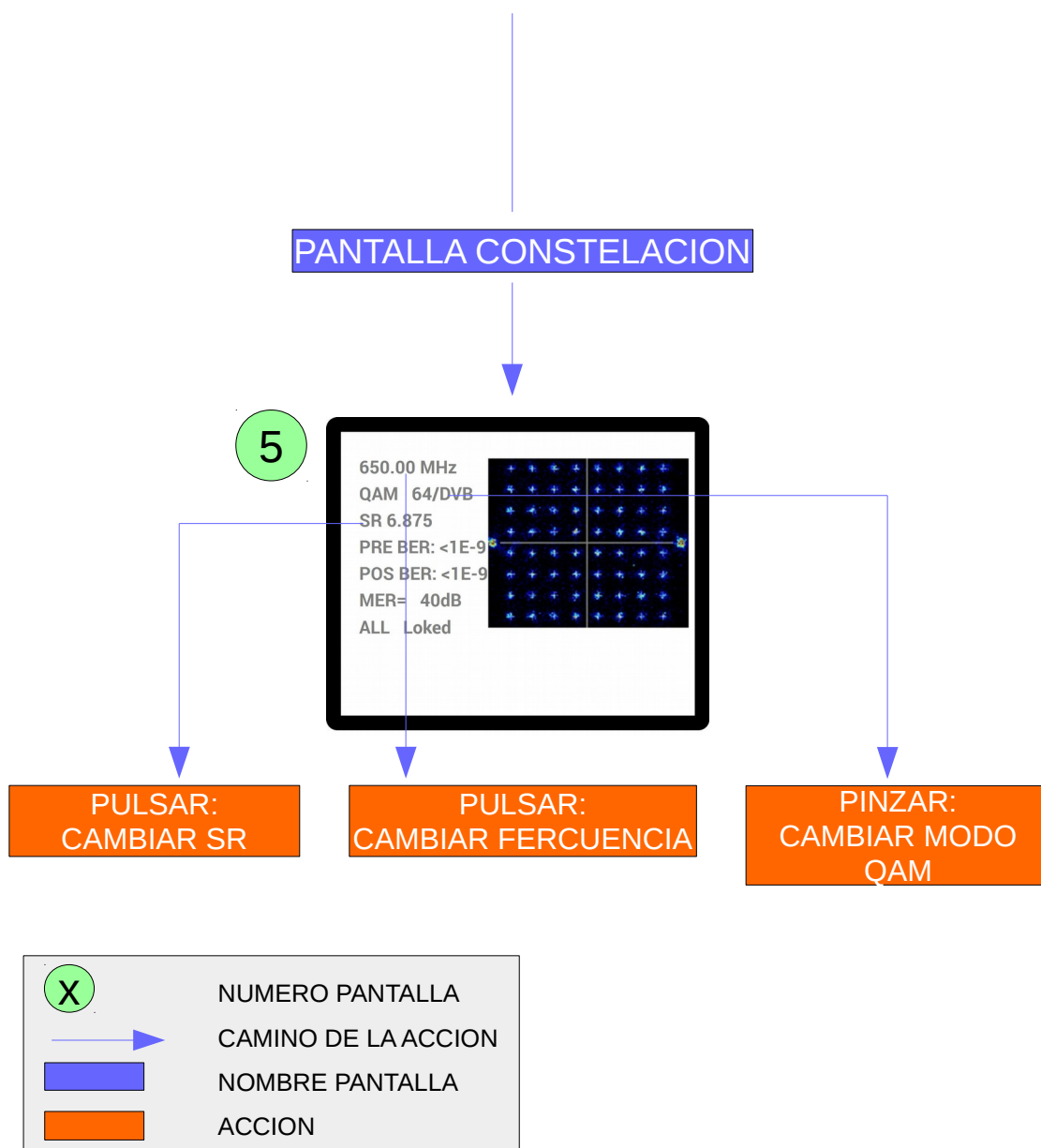
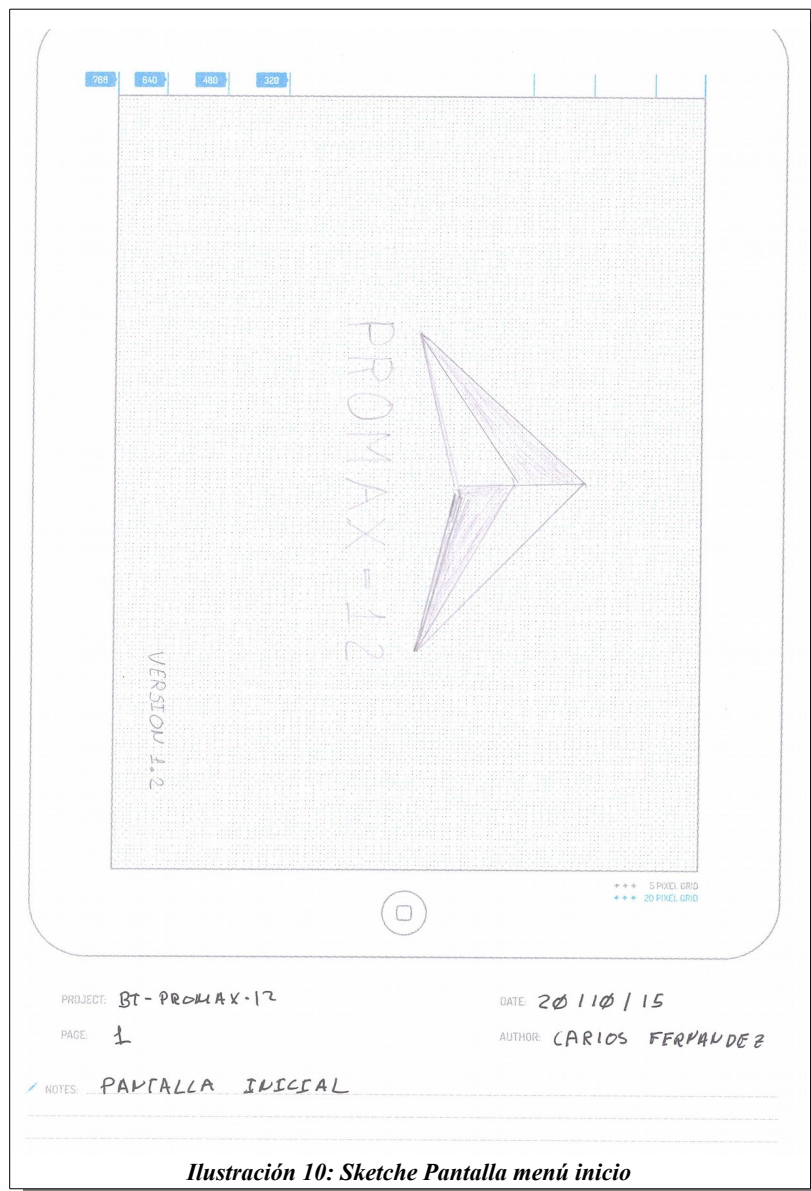


Ilustración 9: Flujos de interacción pantalla CONSTELACIÓN

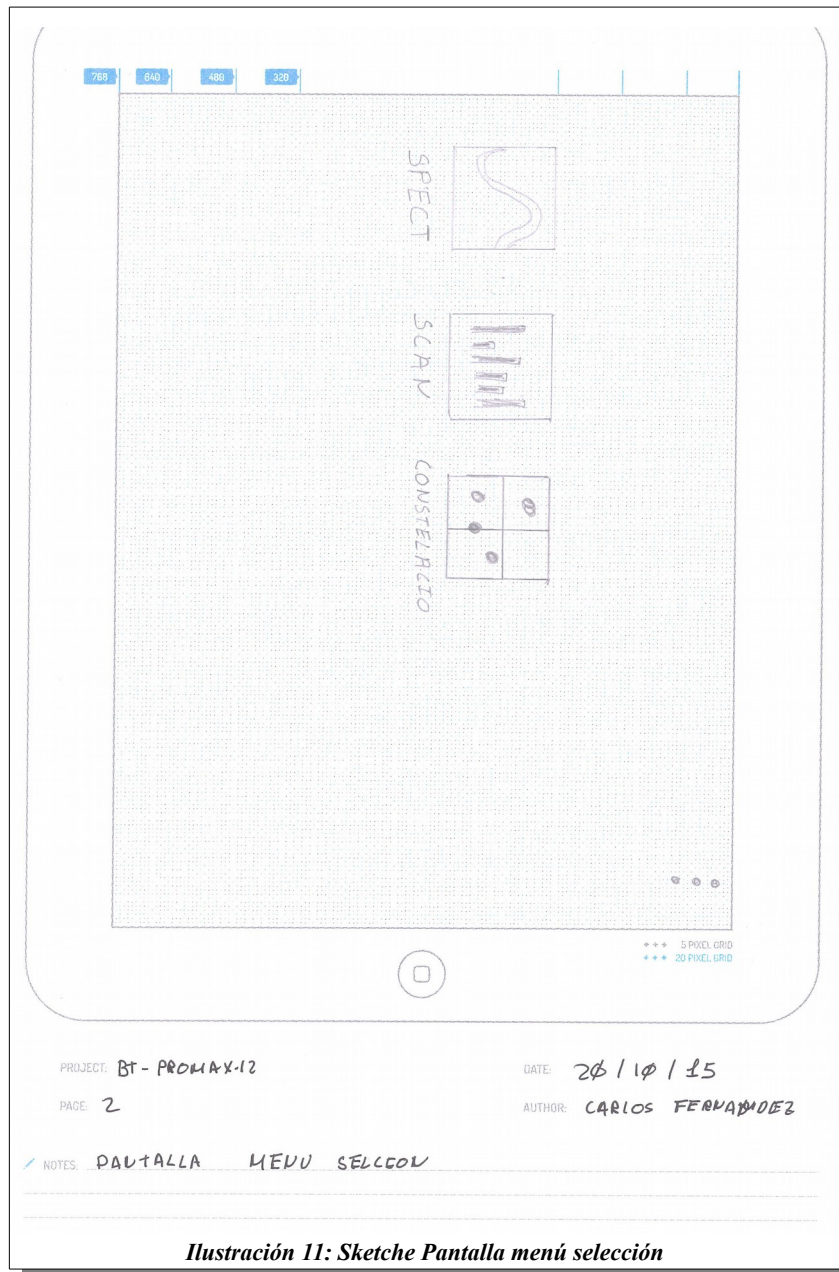
4.- PROTOTIPAJE:

4.1.- Sketches:

4.1.1.- Pantalla menú inicio:



4.1.2.- Pantalla menú selección:



4.1.3.- Pantalla ESPECTRO:

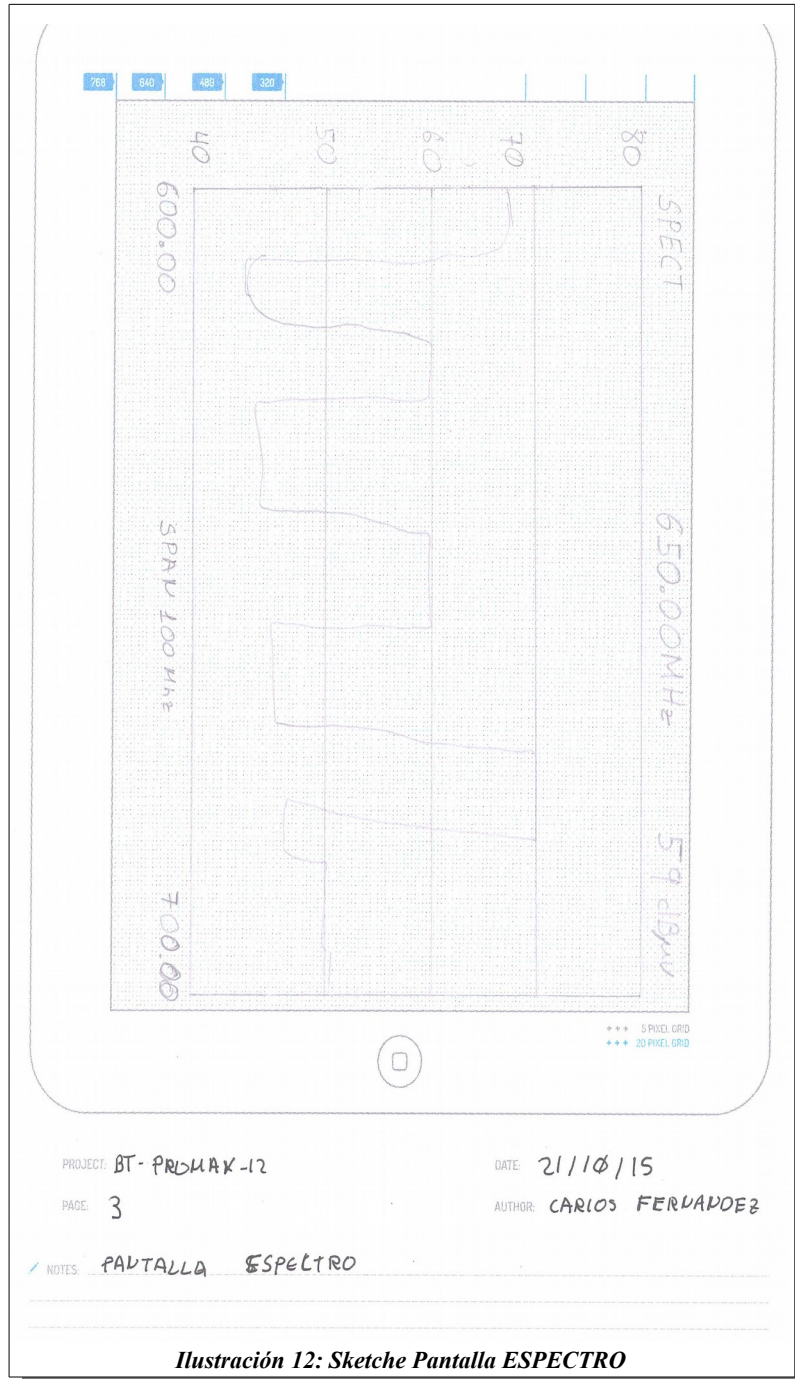
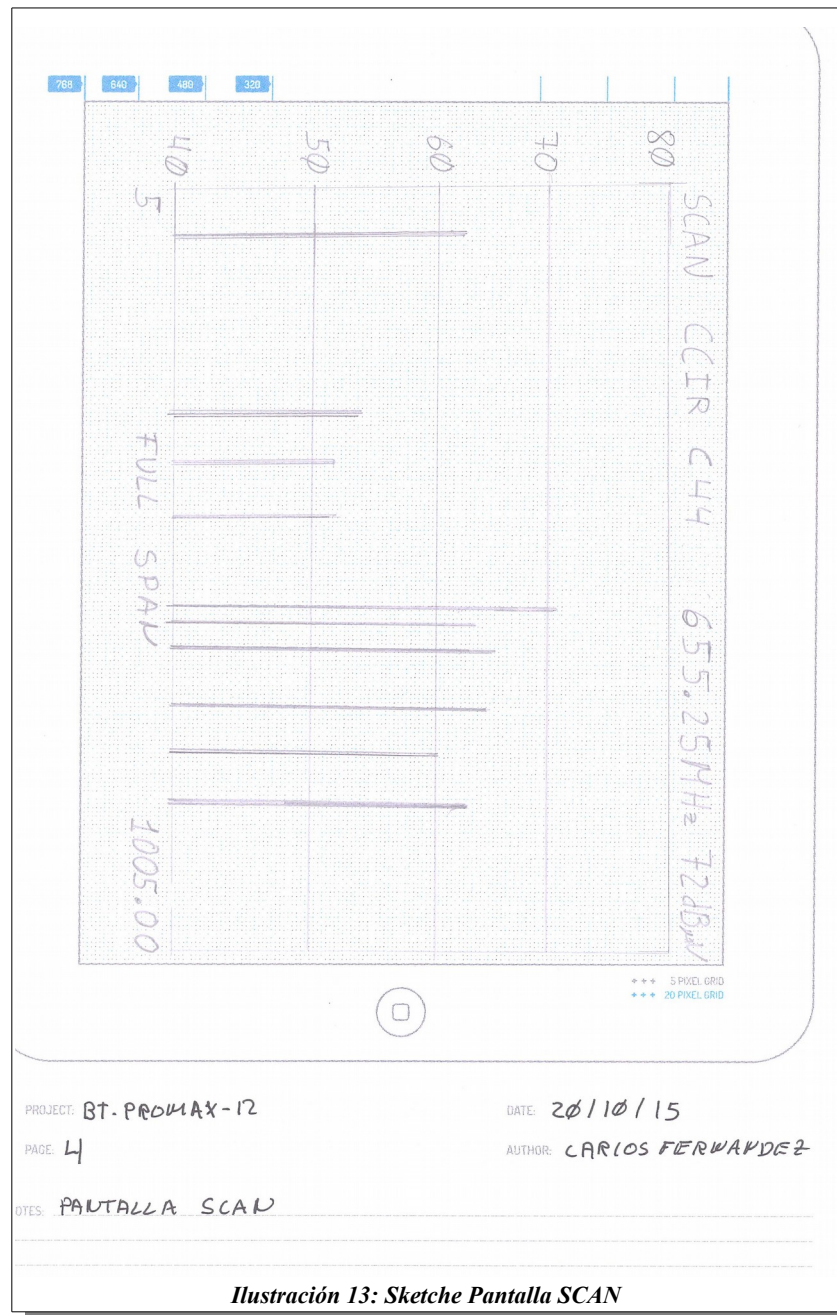


Ilustración 12: Sketche Pantalla ESPECTRO

4.1.4.- Pantalla SCAN:



4.1.5.- Pantalla CONSTELACIÓN:

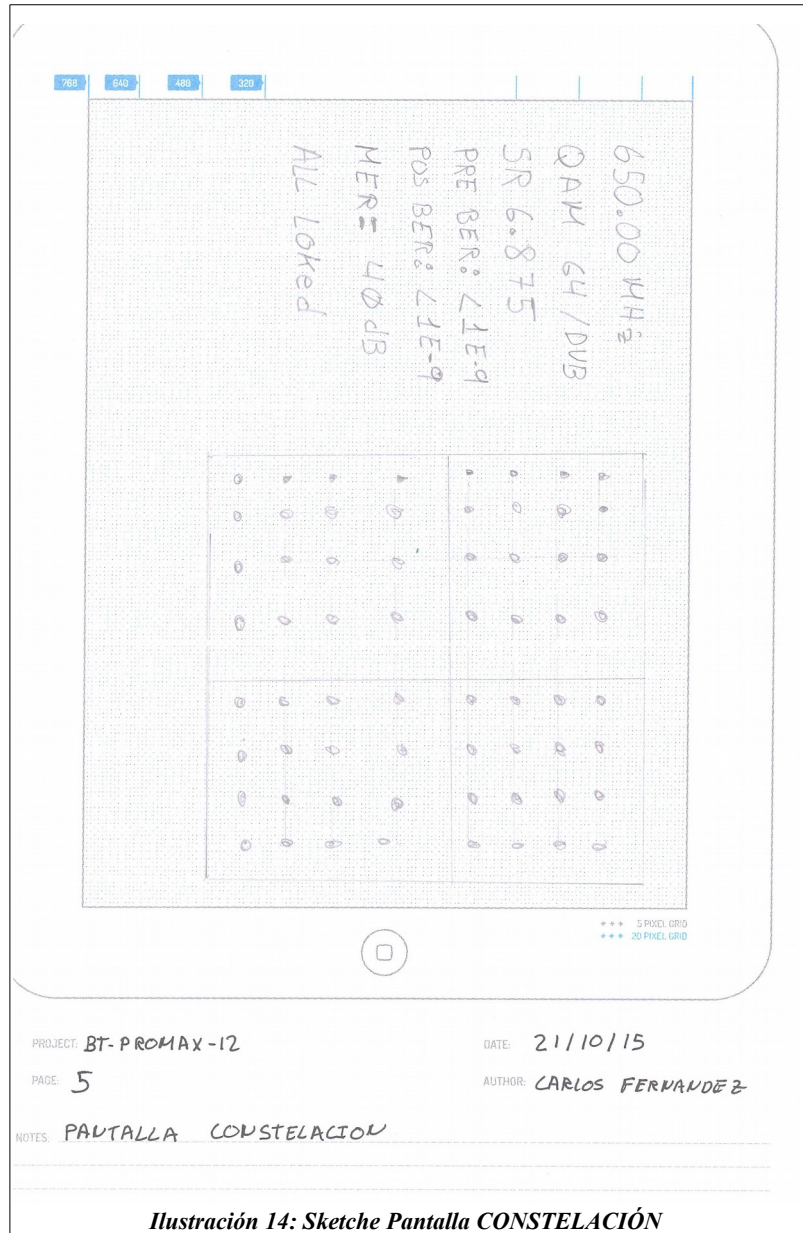


Ilustración 14: Sketche Pantalla CONSTELACIÓN

4.2.- Prototipo vertical de alta definición:

4.2.1.- Pantalla de inicio:



Ilustración 15: Prototipo Pantalla de inicio

Pantalla de presentación de la aplicación, se indica el logotipo de la empresa y la versión de la APP.

Esta pantalla solo será representada durante un periodo corto de tiempo de 2 a 5 segundos.

4.2.2.- Pantalla menú selección:

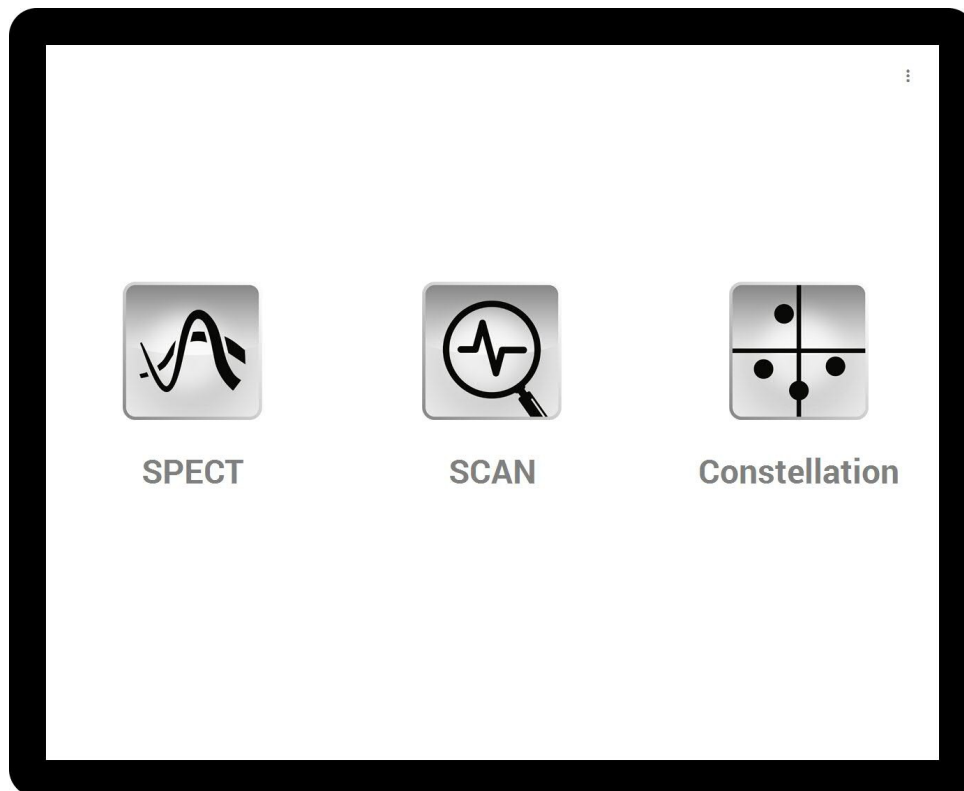


Ilustración 16: Prototipo Pantalla de menú selección

En esta pantalla se representará un menú donde se podrá seleccionar una función.

El usuario podrá realizar las siguientes acciones:

- **Seleccionar la función Spect:** Es un botón que cuando se acciona con una pulsación, se abrirá una nueva ventana.
- **Seleccionar la función Scan:** Es un botón que cuando se acciona con una pulsación, abrirá una nueva ventana.
- **Seleccionar la función Constelación:** Es un botón que cuando se acciona con una pulsación, abrirá una nueva ventana.

4.2.3.- Pantalla ESPECTRO:

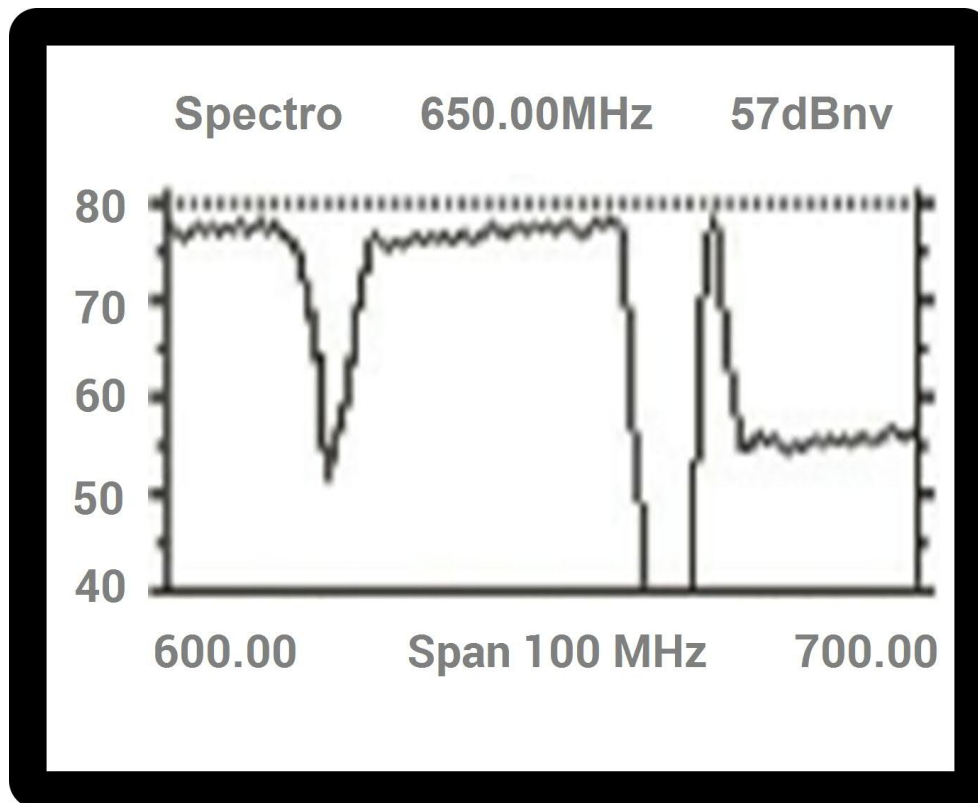


Ilustración 17: Prototipo Pantalla de ESPECTRO

En esta pantalla se representará un espectro donde el usuario podrá realizar las siguientes acciones:

- **Modificar la frecuencia:** posicionando el dedo en la parte inferior y desplazando a la derecha o a la izquierda.
- **Modificar el nivel de referencia:** posicionando el dedo en la parte inferior izquierda y desplazando hacia arriba o hacia abajo.
- **Modificar el nivel de span:** realizando el movimiento de pinzar dedos hacia el interior el span se aumentará y el pinzado de dedos exterior se disminuirá.

4.2.4.- Pantalla SCAN:

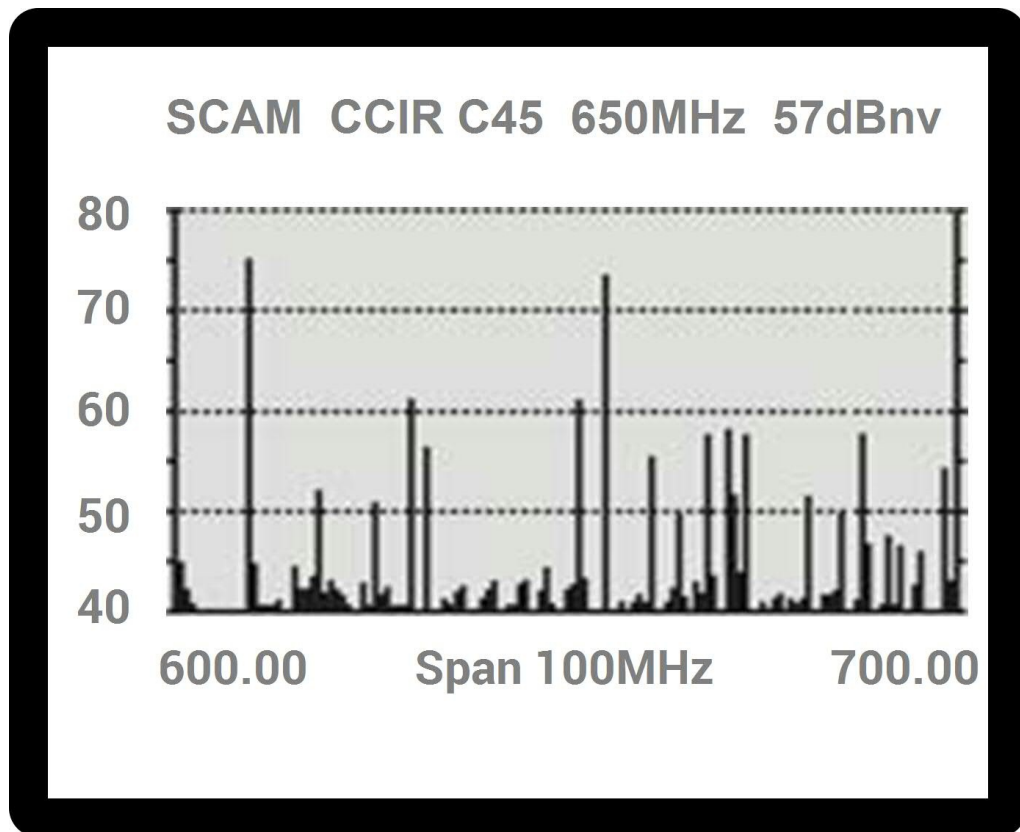


Ilustración 18: Prototipo Pantalla de SCAN

En esta pantalla se representará un espectro donde el usuario podrá realizar las siguientes acciones:

- **Modificar el canal:** posicionando el dedo en la parte superior se desplegará una lista de canales disponibles.
- **Modificar el nivel de referencia:** posicionando el dedo en la parte izquierda inferior y desplazando hacia arriba o hacia abajo.
- **Modificar el nivel de span:** realizando el movimiento de pinzar dedos hacia el interior el span se aumentará y el pinzado de dedos exterior se disminuirá.

4.2.5.- Pantalla CONSTELACIÓN:

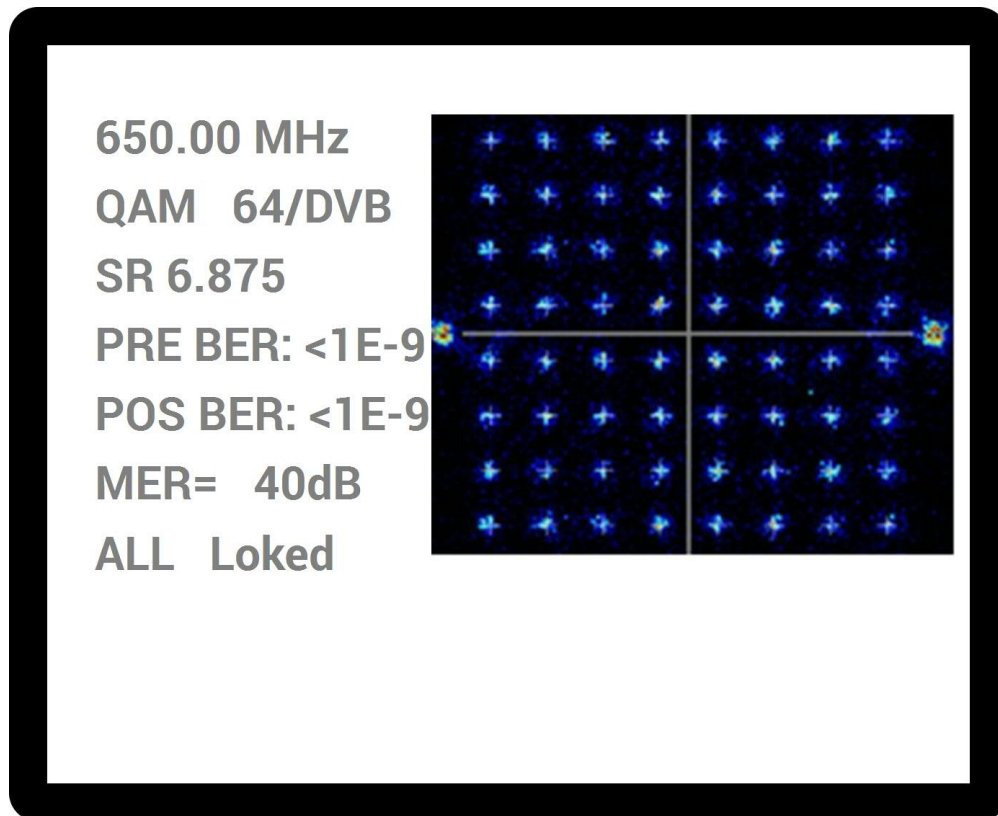


Ilustración 19: Prototipo Pantalla de CONSTELACIÓN

En esta pantalla se representará una constelación QAM, donde el usuario podrá realizar las siguientes acciones:

- **Modificar frecuencia:** Al poner el dedo en la numeración de la frecuencia y se mostrará por pantalla un teclado numérico donde podrá introducir la nueva frecuencia deseada.
- **Modificar valor QAM:** Al pulsar el QAM, aparecerá un menú desplegable y se podrá elegir la codificación QAM deseada.
- **Modificar el SR:** AL poner el dedo en la numeración de **SR** se mostrará por pantalla un teclado numérico donde podrá introducir **SR** deseado.

5.- DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE USO:

5.1.- Diagrama:

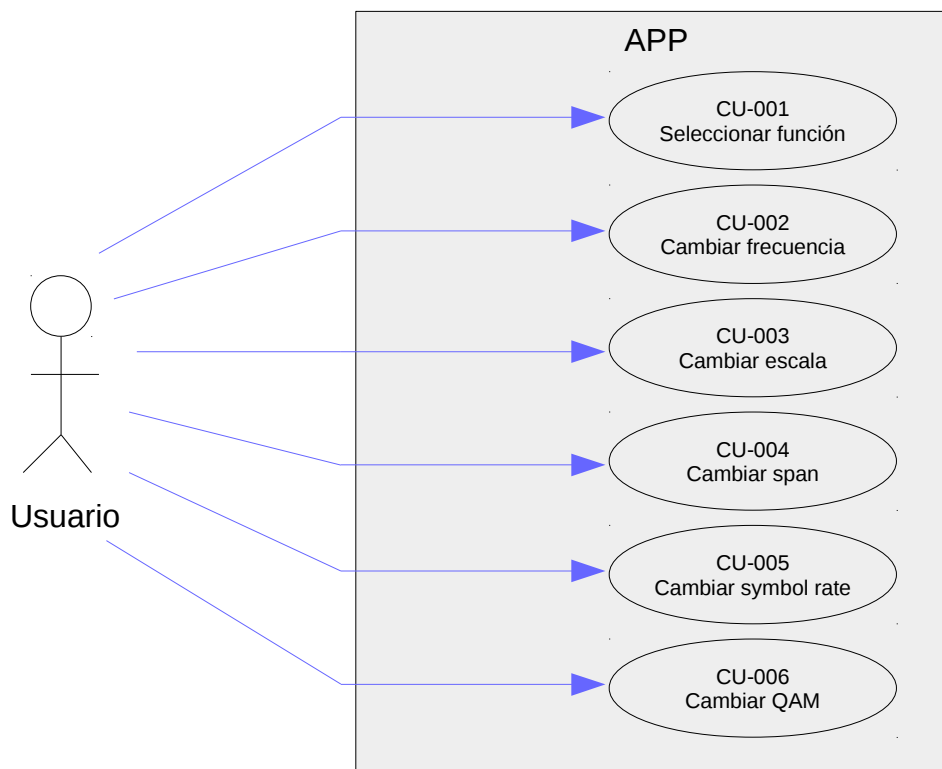


Ilustración 20: Diagrama de casos de uso

5.2.- Listado de los casos:

Identificador	CU-001
Nombre	Seleccionar función
Prioridad	Normal
Descripción	Se selecciona una de las funciones que hay disponibles en la APP
Actor	Usuario
Pre-Condición	No hay ninguna función activa
Iniciado por	Usuario
Flujo	El usuario presiona un botón para realizar una función del equipo, y esta abre una nueva ventana con la nueva función.
Pos-Condición	El usuario está en una nueva ventana y se está ejecutando una función del equipo
Notas	

Tabla 14: Casos CU-001

Identificador	CU-002
Nombre	Cambiar frecuencia
Prioridad	Normal
Descripción	El usuario decide cambiar la frecuencia del equipo
Actor	Usuario
Pre-Condición	El equipo tiene una frecuencia
Iniciado por	Usuario
Flujo	El usuario necesita cambiar la frecuencia del equipo por una nueva
Pos-Condición	El equipo ha cambiado de frecuencia
Notas	

Tabla 15: Casos CU-002

Identificador	CU-003
Nombre	Cambiar escala
Prioridad	Normal
Descripción	El usuario decide cambiar la escala del equipo
Actor	Usuario
Pre-Condición	El equipo tiene una escala
Iniciado por	Usuario
Flujo	El usuario necesita cambiar la frecuencia del equipo por una nueva
Pos-Condición	El equipo tiene escala diferente al estado inicial
Notas	

Tabla 16: Casos CU-003

Identificador	CU-004
Nombre	Cambiar span
Prioridad	Normal
Descripción	El usuario decide cambiar el span del equipo
Actor	Usuario
Pre-Condición	El equipo tiene un span
Iniciado por	Usuario
Flujo	El usuario necesita cambiar el span del equipo por uno nuevo
Pos-Condición	El equipo tiene un span diferente al estado inicial
Notas	

Tabla 17: Casos CU-004

Identificador	CU-005
Nombre	Cambiar symbol rate
Prioridad	Normal
Descripción	El usuario decide cambiar el symbol rate
Actor	Usuario
Pre-Condición	El equipo tiene un symbol rate
Iniciado por	Usuario
Flujo	El usuario necesita cambiar el symbol rate del equipo por uno nuevo
Pos-Condición	El equipo tiene un symbol rate diferente al estado inicial
Notas	

Tabla 18: Casos CU-005

Identificador	CU-006
Nombre	Cambiar QAM
Prioridad	Normal
Descripción	El usuario decide cambiar la modulación QAM
Actor	Usuario
Pre-Condición	El equipo tiene una la modulación QAM
Iniciado por	Usuario
Flujo	El usuario necesita cambiar la modulación QAM del equipo por una nueva
Pos-Condición	El equipo tiene una la modulación QAM diferente al estado inicial
Notas	

Tabla 19: Casos CU-006

6.- DESARROLLO:

6.1.- Herramientas y librerías:

Para el desarrollo de la aplicación se ha usado el entorno que proporciona Google, el Android Studio, las APIs del bluetooth son también las que proporciona Google.

No se ha tenido que usar ninguna librería fuera del entorno de Google.

La única herramienta que se ha tenido que instalar a parte, es el GIT, para el control de versiones, ya que el Android Studio, tiene un gestor para poder controlar y manipular desde el mismo entorno de desarrollo.

Se ha usado Android Studio, porque es la aplicación que Google aconseja para desarrollar sus aplicaciones. También es la que más soporte de la comunidad tiene.

6.2.- Comunicación Bluetooth:

Una de la parte más importante de este proyecto es la comunicación entre el equipo PROMAX-12 y el dispositivo donde se ejecutará la APP.

Se realiza mediante comunicación inalámbrica por el protocolo Bluetooth.

Al equipo PROMAX-12 se le ha conectado un módulo bluetooth a un puerto serie de servicio.

Estos son los comandos que se envían al modulo Bluetooth LAIRD TECHNOLOGIES BTM430 por el puerto RS-232 del PROMAX-12 Para su configuración:

```
ATS506=0 // resetea el modulo borrando los datos guardados
AT&F*
ATS512=4 // Se cambia la velocidad a 38400 baudios
ATS0=-1
AT+BTK="1234"// Se le setea la contraseña
AT&W
ATZ* // reinicia en modo transparente
```

La configuración y puesta en marcha del módulo de comunicación Bluetooth LAIRD TECHNOLOGIES BTM430, se realiza mediante comandos AT que le envía el equipo PROMAX-12 por el puerto serie.

Una vez que se han enviado los comandos al módulo, éste se pone en modo puente, que quiere decir que todo lo que le llega al módulo por Bluetooth lo pasa a la línea RX del RS-232 y lo que recibe de la línea TX lo envía por bluetooth al dispositivo que contiene la APP.

De esta manera se puede crear un puente entre las dos plataformas para poder transmitir datos entre ambos dispositivos en ambas direcciones.

6.3.- Soporte bluetooth al PROMAX-12:

6.3.1.- *Modificación Hardware del PROMAX-12:*

Se le ha añadido el módulo Bluetooth al puerto RS-232 del Microcontrolador.



Se han conectado unos cablecillos a las pistas donde pasan las líneas de comunicación Tx, Rx y de alimentación de 3.3 V y GND.

6.3.2.- *Modificación firmware del “PROMAX-12:*

Para dar conectividad bluetooth al PROMAX-12, se han tenido que implementar rutinas nuevas de control del puerto RS-232 para que aceptara comandos de entrada y que pueda enviar comandos AT al módulo Bluetooth para que los reciba el dispositivo Android.

Las funciones de Scan, Espectro y Constelación, han sido modificadas, para que cuando el equipo esté en estas pantallas los datos en vez de que se representarse por pantalla, sean enviados mediante comandos AT al dispositivo Android, y de esta manera poder capturarlos por la aplicación creada y representarlos en la pantalla del dispositivo.

Éste ha sido un trabajo constante ya que cuando se creaba una nueva pantalla u otra función, había que hacer que el PROMAX-12 enviara los datos necesarios al dispositivo Android.

6.4.- **Bluetooth en la APP:**

En la aplicación se ha creado un servicio que está escuchando los caracteres recibidos del módulo Bluetooth que son enviados por el PROMAX-12.

Se ha implementado un hilo que va escuchando del dispositivo bluetooth, y va almacenando los caracteres que va recibiendo en un array de caracteres. Cuando se recibe una trama del bluetooth, el servicio que está corriendo da un aviso mediante un Handler para que la aplicación recoja la trama que ha sido capturada del bluetooth y la aplicación pueda tratarla.

El código se ha obtenido y adaptado de la pagina de desarrolladores de Google “<http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/connectivity/bluetooth.html>”

```
public void run() {  
    byte[] buffer = new byte[1024]; // buffer store for the stream  
    int bytes; // bytes returned from read()  
  
    // Keep listening to the InputStream until an exception occurs  
    while (true) {  
        try {  
            // Read from the InputStream  
            bytes = mmInStream.read(buffer);  
            // Send the obtained bytes to the UI activity  
            mHandler.obtainMessage(MESSAGE_READ, bytes, -1, buffer)  
                .sendToTarget();  
        } catch (IOException e) {  
            break;  
        }  
    }  
}
```

Código de google - <http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/connectivity/bluetooth.html>

Cuando la aplicación quiere mandar un comando AT al PROMAX-12, la aplicación manda un string al buffer de salida del Bluetooth, que es manejado por las librerías de Bluetooth de Android y ésta se encarga de gestionar el envío.

```
/* Call this from the main activity to send data to the remote device */  
public void write(byte[] bytes) {  
    try {  
        mmOutputStream.write(bytes);  
    } catch (IOException e) { }  
}
```

Código de google - <http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/connectivity/bluetooth.html>

6.4.1.- Problemas con el código de ejemplo de Google:

El código que Google tiene en su página web de desarrolladores, está pensado para la realización de chat entre dos dispositivos, o sea el envío de caracteres a baja velocidad.

El problema que se ha encontrado es que cuando empezaba a enviar una gran cantidad de datos por el bluetooth había caracteres que se perdían en la recepción del dispositivo Android. Todos los ejemplos que hay en internet usan el mismo código de ejemplo de Google.

Ha sido un problema muy difícil de solucionar, ya que no sabía cuál era el motivo, hasta el punto de llegar a replantear la viabilidad del proyecto.

La primera opción que se probé fue subir la velocidad de transmisión del módulo Bluetooth de los 9600 baudios hasta los 38400 baudios, ya que parecía un problema de velocidad y que el cuello de botella estaba en la transmisión por Bluetooth.

Esto generaba un problema ya que cada vez que se inicializa el modulo bluetooth tiene la velocidad por defecto de 9600 baudios y hay que reconfigurar el módulo dos veces al arrancar el PROMAX-12 una a 9600 baudios y otra después a 38400 baudios .

No se puede subir la velocidad más, debido a limitaciones del hardware del PROMAX-12 ya que la intención era subirlo hasta 115200 baudios.

La subida de velocidad del modulo Bluetooth mejoró la recepción de los caracteres. Al principio parecía que se había solucionado el problema pero al realizar un conjunto de pruebas de estrés al módulo bluetooth se volvió a ver que algunos caracteres se seguían perdiendo.

Se había llegado al límite del hardware del PROMAX-12, aunque en el módulo Bluetooth sí que se puede subir más la velocidad.

Después de un par de semanas buscando por internet, probando combinaciones de distintas palabras clave, llegué a la página web: <http://stackoverflow.com/questions/3509167/data-transmisison-error-using-spp-over-bluetooth-on-android> donde un programador tenia el mismo problema.

En la página web, se proponía una solución la cuál se implementó en el código, se probó la solución y el funcionamiento fue perfecto. Se le pasaron los test de estrés de comunicación varias veces y todas funcionaron perfectamente sin pérdida de caracteres.

Solución propuesta de página:

```
"The fix for the solution was to create the string in the
connected thread, directly after calling read() on the
InputStream, and then passing the string back to the main
thread for display. For whatever reason, passing the byte array
between threads led to significant repetition and data loss."
```

Comentario del programador que propone la solución.

La solución consiste en, copiar el array en un string para pasarlo al nivel superior del programa, ya que cuando se pasaba el array este estaba siendo ocupado por el sistema superior y el servicio de Bluetooth no podía introducir más caracteres en este array y por eso se perdían. Con esta solución, el nivel superior trabaja con una copia de los datos que había en ese instante y el array puede seguir siendo rellenado por el sistema.

```
public void run() {
    byte[] buffer = new byte[256]; // buffer store for the stream
    int bytes; // bytes returned from read()

    // Keep listening to the InputStream until an exception occurs
    while (true) {
        try {
            // Read from the InputStream
            bytes = mmInStream.read(buffer);
            String readMessage = new String(buffer, 0, bytes);
            // Send the obtained bytes to the UI Activity
            mHandler.obtainMessage(MESSAGE_READ, bytes, -1,
readMessage)
                .sendToTarget();
        } catch (IOException e) {
            break;
        }
    }
}
```

Código con la solución al problema.

```
//And the handler reception:
case MESSAGE_READ:
    // Read in string from message, display to mainText for user
    String readMessage = (String) msg.obj;
    if (msg.arg1 > 0) {
        mainText.append(readMessage);
    }
}
```

Código con la solución al problema.

6.5.- Comandos de comunicación:

Se han creado comandos específicos para la comunicación entre el equipo PROMAX-12 y el dispositivo Android.

Hay tres tipos de comandos:

- **Comandos de pregunta:** Estos comandos preguntan al equipo PROMAX-12 valores que son devueltos para inicializar la aplicación.
- **Comandos de establecimiento:** Son comandos para establecer valores en el equipo PROMAX-12.
- **Comandos de lectura:** Los comandos de lectura son enviados durante el funcionamiento del equipo y nos dan los valores finales de las medidas que se están realizando.

TABLA DE COMANDOS	
*?BA	Comando de pregunta al equipo. Se pregunta al equipo el nivel de batería. Respuesta “*BA099”
*?VE	Comando de pregunta al equipo. Se pregunta al equipo la versión de firmware que tiene. Respuesta “*VEPROMAX-12 VERSION 1.32”
*SC	Comando para establecer un valor en el equipo. Se envía el valor de la pantalla donde se tiene que cambiar una vez conectado al equipo. Recepción “*SC04”
*SO	Comando de lectura del dispositivo. El equipo ”PROMAX-12” cuando está en la pantalla SCAN envía continuamente el comando con los valores de nivel de señal en dBuV y la posición que ocupa en el array. Recepción “*SO099#0600#”
*SP	Comando de lectura del dispositivo. El equipo ”PROMAX-12” cuando está en la pantalla espectro envía continuamente el comando con los valores de dBuV y la posición que ocupa en el array. Recepción “*SP102#0700#”
*?FR	Comando de pregunta al equipo. Se pregunta al equipo la frecuencia sintonizada. Respuesta “*FR012FE2” el valor devuelto esta en kHz y en hexadecimal

*FR	Comando para establecer un valor en el equipo. Se tiene que enviar al equipo el valor de la frecuencia en kHz y en decimal Envío “*FR012FE2”
*CO	Comando de lectura del dispositivo. El equipo ”PROMAX-12” cuando esta en la pantalla constelación envía continuamente el comando con los valores de las coordenadas “x” e “y” para poder dibujar en el canvas de constelación y hacer la nube de puntos. Recepción “*CO102#099”
*ST	Comando de lectura del dispositivo. El equipo ”PROMAX-12” cuando está en la pantalla constelación envía cada cierto tiempo el comando con los valores de intervalo de guarda, numero de portadoras, el code rate y el tipo modulación de las portadoras Recepción “*STO001#O001#O001#O002”
*BE	Comando de lectura del dispositivo. El equipo envía el comando con los valores de Pre-Ber y Post-Ber. Recepción “*BEF3BA#AF98” en hexadecimal
*ME	Comando de lectura del dispositivo. El equipo envía el comando con los valores de MER de la constelación. Recepción “*ME034” en hexadecimal
*?BR	Comando de pregunta al equipo. Se pregunta al equipo a que nivel de referencia está, para situarnos en la escala de dBuV correcta. Respuesta “*BR02”
*BR	Comando para establecer un valor en el equipo. Se envía al equipo si tiene que incrementar el valor nivel de referencia y se incrementa de uno en uno Envío “*BR-1”
*?BS	Comando de pregunta al equipo. Se pregunta al equipo en qué amplitud de span se encuentra. Respuesta “*BR02”
*BS	Comando para establecer un valor en el equipo. Se envía al equipo el valor del span que queremos establecer Envío “*BS06”

Tabla 20: Comandos de comunicación

6.6.- Captura de pantalla del menú selección:



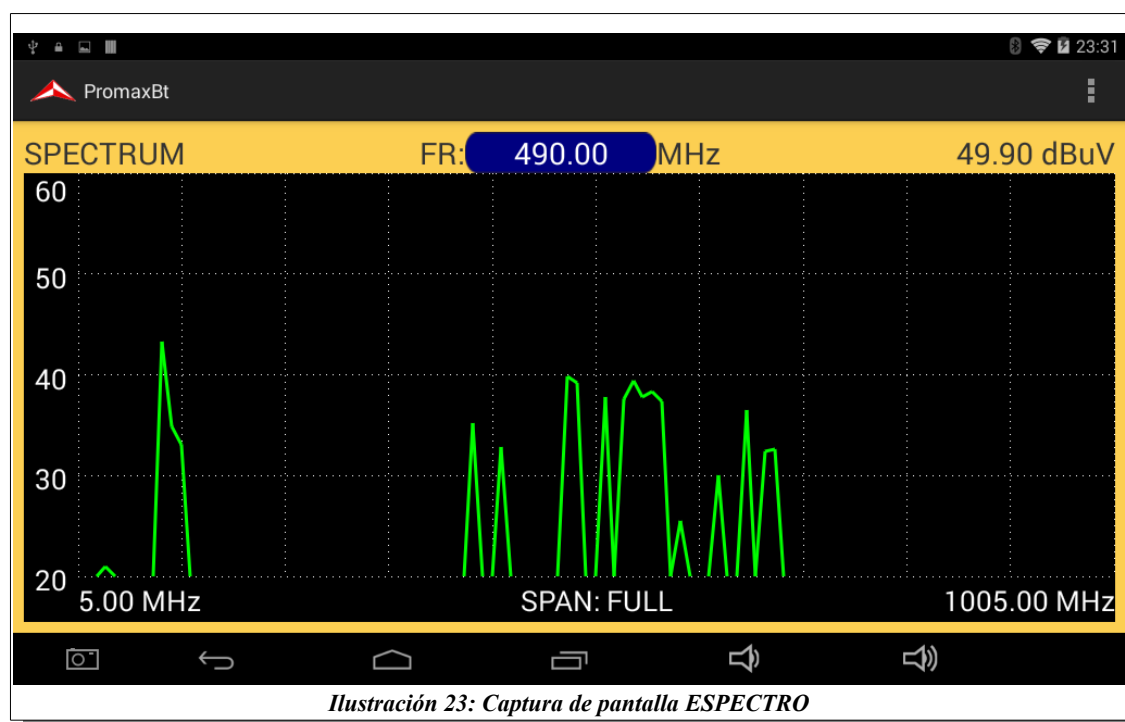
La pantalla menú es la pantalla principal donde se selecciona el modo de operación de la aplicación.

Consta de tres botones, cada uno de los cuales selecciona un modo.

Hay tres pantallas que se pueden seleccionar:

- **Spectrum:** Se muestra una pantalla donde se pueden ver un barrido de frecuencia.
- **Scan:** Se muestra una representación por canalización.
- **Constelación:** Se muestra los valores de un canal o una frecuencia. Además se representa una constelación de COFDM.

6.7.- Captura de pantalla ESPECTRO:



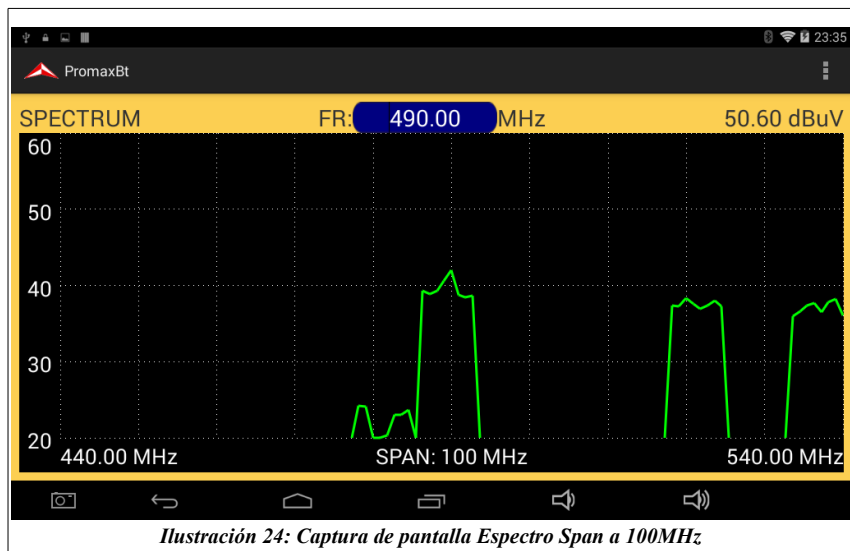
En esta pantalla se puede ver cómo se realiza un barrido desde la frecuencia de 5MHz hasta los 1005.00 MHz. Se aprecia que a 490.00 MHz hay una portadora de amplitud 49.90 dBuV y el PROMAX-12 está en full span.

La frecuencia que se observa es la 490.00 MHz que es la frecuencia donde se ubican los canales Atreseries HD, Boing HD en la TDT para el área de Barcelona.

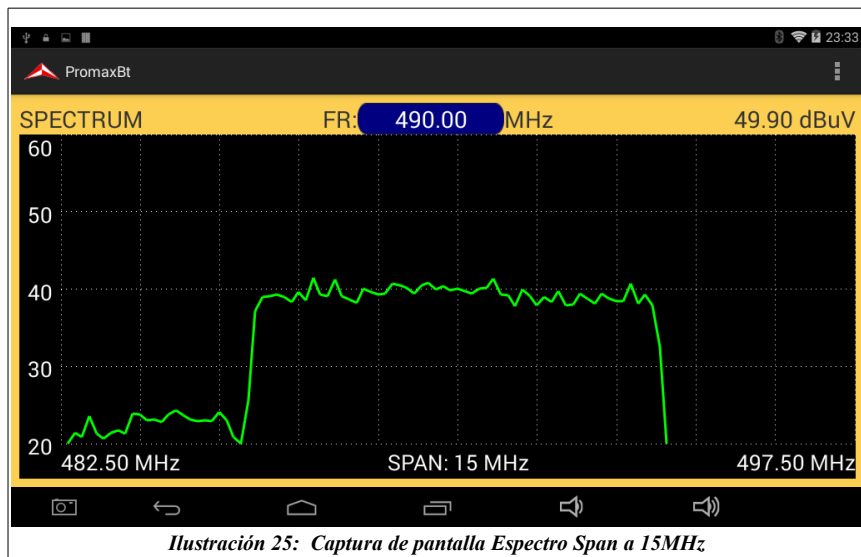
En la pantalla se ha implementado:

- **Cambio de frecuencia:** Cuando se pulsa en la zona azul de la frecuencia aparece un teclado numérico para poder poner la nueva frecuencia.
- **Cambio de SPAN:** Si se realiza el gesto de pinzar en la zona del dibujo de la frecuencia se cambia el span.
- **Cambio de escala de dBuV:** Cuando deslizamos el dedo por la zona donde está la escala de dBuV podemos incrementar o disminuir la escala.

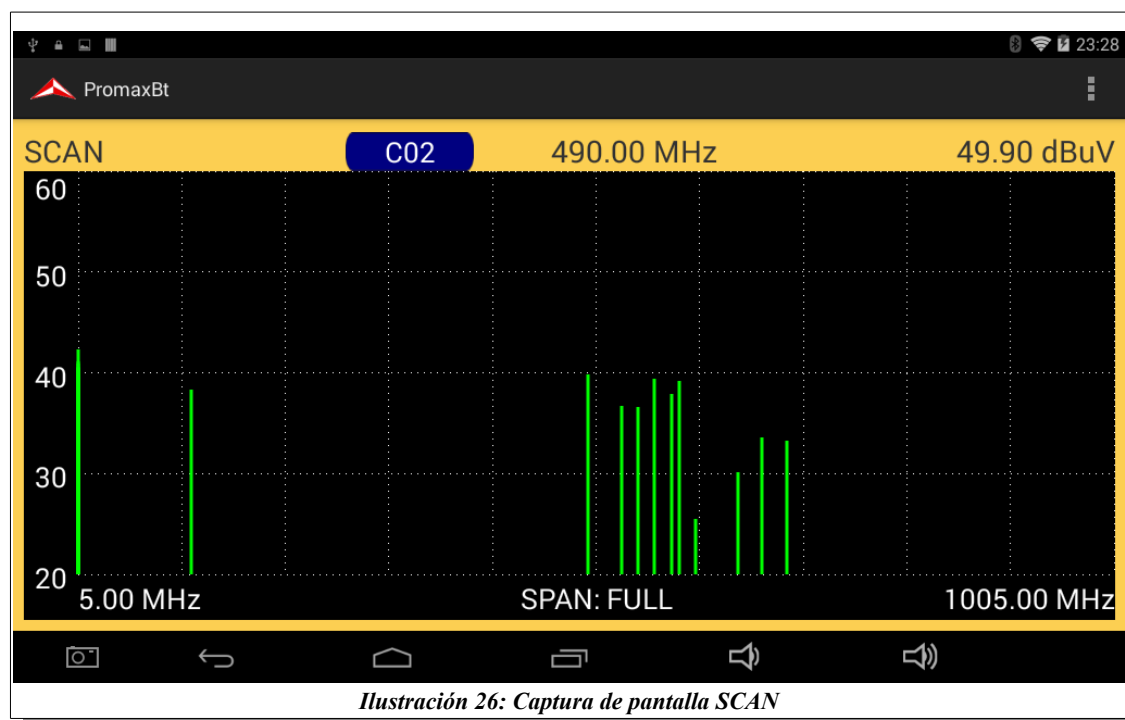
Span a 100MHz



Span a 15MHz



6.8.- Captura de pantalla del SCAN:



En esta pantalla se puede ver cómo se realiza un barrido por canal. Cada canal de la lista de los canales que tienen señal se representa con una barra de longitud proporcional a su nivel de señal. El PROMAX-12 está en full span por tanto se escanean todos los canales de la lista.

El canal seleccionado es el C23 de la canalización CCIR que corresponde a la frecuencia a la 490.00 MHz que es donde están los canales Atreseries HD, Boing HD en la TDT para el área de Barcelona.

En la pantalla se ha implementado:

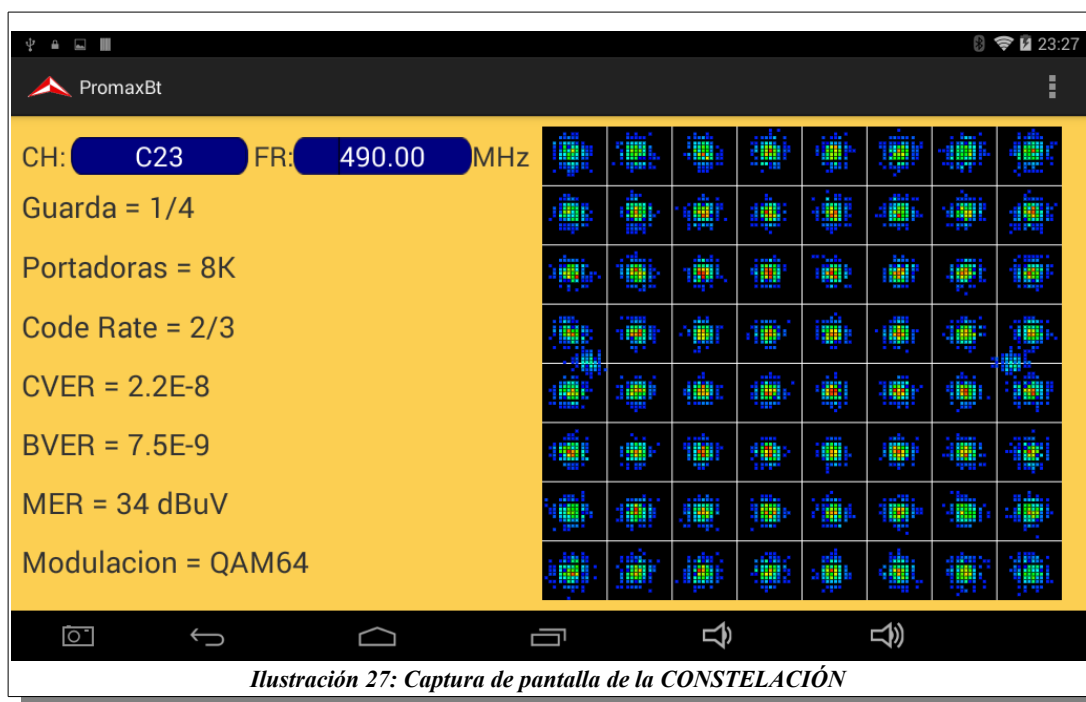
- **Cambio de Canal:** Cuando se pulsa en la zona azul del canal se abre un spinner donde se puede seleccionar de la lista un canal.
- **Cambio de SPAN:** Si se realiza el gesto de pinzar en la zona del dibujo de la frecuencia se cambia el span.
- **Cambio de escala de dBuV:** Cuando deslizamos el dedo por la zona donde está la escala de dBuV podemos incrementar o disminuir la escala.

En esta pantalla se ha tenido que añadir la canalización CCIR, cosa que no se había tenido en cuenta en la fase anterior del modelado de las clases.

Para la incluir la canalización, se ha añadido dos clases nuevas al proyecto: *channel* y *canalización*. En la clase *channel* se guardan los datos necesarios como la frecuencia, si es digital o no, el tipo de codificación y otros datos que nos interesan. En nuestro caso de momento solo nos interesará la frecuencia y el nombre del canal.

La clase *canalización* es un array de canales que implementa algunas funciones adicionales.

6.9.- Captura de pantalla de la CONSTELACIÓN:



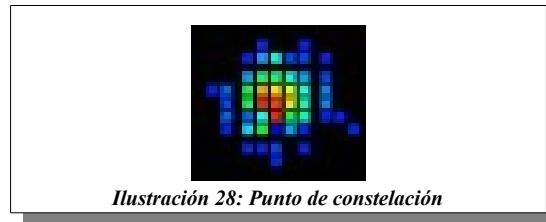
En la pantalla se ha implementado:

- **Cambio de Canal:** Cuando se pulsa en la zona azul del canal se abre un spinner, donde se puede seleccionar uno de los canales de la lista.
- **Cambio de frecuencia:** Cuando se pulsa en la zona azul de la frecuencia aparece un teclado numérico para poder poner la nueva frecuencia.

En el canvas de la derecha se puede observar una nube de puntos que representa una constelación de COFDM.

Dependiendo de la forma de la nube y de la simetría puede proporcionar información de si hay problemas en la instalación de una antena, ya que podemos tener un buen nivel de señal en dBuV pero un bajo valor de MER, lo que conlleva un pérdida de paquetes de información a la hora de descodificar la señal digital.

El sistema de coincidencia da una utilidad a la pantalla en color. Con el PROMAX-12 no se puede conseguir ya que la pantalla es un LCD monocromo.



En la captura de un punto se puede ver como hay varios colores, que van del azul al rojo. Contra más puntos de la constelación coinciden en una misma coordenada, este punto va cambiando su color de azul, para las pocas coincidencias hasta el rojo para un gran número de coincidencias.

En el siguiente cuadro de texto se pone el código del método que realiza el degradado del color de los puntos, a medida que los puntos van coincidiendo se va incrementando un contador según el número del contado el algoritmo le calcula un color azul puro para una colisión al rojo para más de 32 colisiones.

```
private int aumentarDegradado(int numeroColisiones) {
    int rojo, verde, azul, numeroDelIncrementos = 1020;//255*4;
    float numeroMax = 32, transicion = numeroMax / 4;
    float incremento = numeroDelIncrementos / numeroMax;

    if (numeroColisiones <= (transicion)) {
        rojo = 0;
        verde = (int) (incremento * (numeroColisiones % transicion));
        azul = 255;
    } else if (numeroColisiones <= (transicion * 2)) {
        rojo = 0;
        verde = 255;
        azul = (int) (255.00 - incremento * (numeroColisiones % transicion));
    } else if (numeroColisiones <= (transicion * 3)) {
        rojo = (int) (incremento * (numeroColisiones % transicion));
        verde = 255;
        azul = 0;
    } else {
        rojo = 255;
        verde = (int) (255.00 - incremento * (numeroColisiones % transicion));
        azul = 0;
    }
    return (Color.rgb(rojo, verde, azul));
}
```

Código del método para generar el degradado en los colores de los puntos de la constelación.

7.- PRUEBAS:

7.1.- Pruebas unitarias:

Para las pruebas unitarias se ha usado el módulo kit de evaluación de Bluetooth LAIRD TECHNOLOGIES BTM430.



Este kit de evaluación proporciona una placa con un software para poder enviar y recibir comandos AT desde un terminal, como el *HyperTerminal* de WINDOWS o el minicom en LINUX.

Con este terminal sin tener el equipo en funcionamiento, se ha podido emular el comportamiento del PROMAX-12, incluyendo el envío de paquetes erróneos y mal formados para comprobar las funciones de error.

El siguiente cuadro de texto es un ejemplo de prueba unitaria, que consiste en un texto que después se envía por el programa que se proporciona en el módulo de evaluación.

En este caso se están enviando puntos que están en la coordenada x:50 y y:50, de esta manera se puede probar, que con cada punto enviado y que coincide, va aumentando el degradado.

```
*CO50#050  
*CO50#050  
*CO50#050  
*CO50#050  
*CO50#050  
*CO50#050  
*CO50#050
```

Texto con coordenadas para probar el funcionamiento del degradado en los puntos de la constelación.

El siguiente cuadro de texto es un ejemplo de prueba unitaria donde se prueba el funcionamiento del envío de puntos, con el valor en dBuV en la pantalla SCAN, para representar los canales en el canvas.

```
*SO001#0200#  
*SO002#0200#  
*SO003#0400#  
*SO004#0600#  
*SO005#0200#  
*SO006#0600#  
*SO007#0300#  
//comandos mal formados  
*SO222#4444#  
*SO22#0600#  
*SO100#06000#
```

Texto con comandos, índice del array y su valor en dBuV probar el funcionamiento de la pantalla SCAN.

El siguiente cuadro de texto es un ejemplo de prueba unitaria, donde se prueba el funcionamiento del envío del comando para cambiar el Span del PROMAX-12, que es el mismo comando para la pantalla de ESPECTRO y SCAN.

```
*BS01  
*BS02  
*BS03  
*BS04  
*BS05  
*BS06  
//comandos mal formados  
*BS07  
*BS00  
*BS100
```

Texto con comandos para probar el funcionamiento del cambio del SPAN.

El siguiente cuadro de texto es un ejemplo de prueba unitaria, donde se prueba el funcionamiento del envío del comando para cambiar el valor de referencia del PROMAX-12, que es el mismo comando para la pantalla de ESPECTRO y SCAN.

```
*BR01
```

```
*BR01
```

```
*BR-1
```

```
*BR-1
```

```
//comandos mal formados
```

```
*BR02
```

```
*BR-2
```

```
*BR-12
```

```
*BR11
```

Texto con comandos para probar el funcionamiento del cambio de valor de referencia.

El siguiente cuadro de texto es un ejemplo de prueba unitaria, donde se prueba el funcionamiento del envío del comando para cambiar la frecuencia del PROMAX-12, que es el mismo comando para la pantalla de ESPECTRO, SCAN y CONSTELACION.

```
//490.00 MHz
```

```
*FR00BF68
```

```
//1005.00 MHz
```

```
*FR018894
```

```
//comandos mal formados 490.00 MHz
```

```
*FR000BF68
```

```
*FR0F68
```

```
*FR0440BF8
```

```
*FR00BF6844444433
```

```
*FR00BF682222
```

```
*32232322FR
```

Texto con comandos para probar el funcionamiento del cambio de valor de referencia.

Se han probado de la misma manera todos los comandos que hay en la Tabla 20: Comandos de comunicación, a medida que se han ido implantando las funciones, éstas se han ido probando, ya que se han echo una gran cantidad de pruebas. No se pueden poner todas se han elegido unos ejemplos para que se pueda tener una idea.

7.2.- Pruebas funcionales:

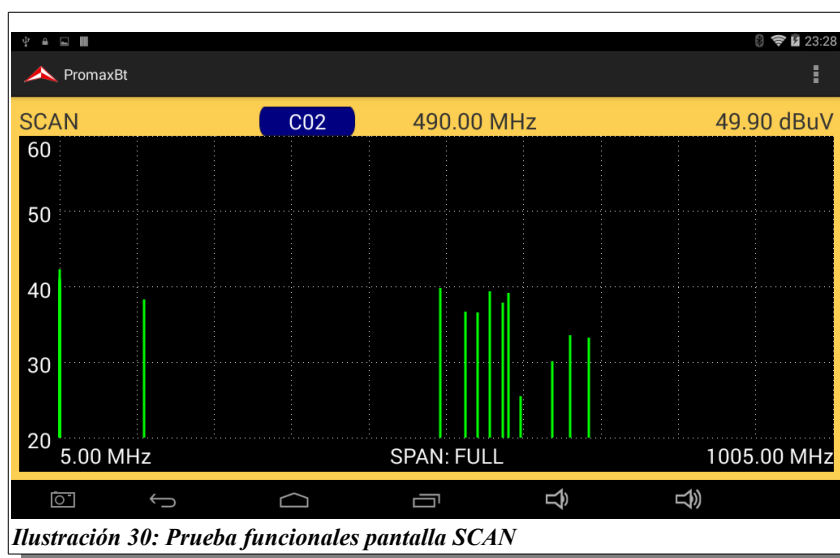
Para las pruebas funcionales hay un PROMAX-12, con las modificaciones de hardware y un firmware especialmente modificado solo para este TFM.

Las pruebas funcionales, se han realizado conectando un equipo a la toma de antena de televisión. De esta manera se reciben los canales reales que hay emitiéndose, ya que el proyecto se realiza en el hogar donde no se dispone de equipos de modulación como sería el caso en un laboratorio de telecomunicaciones.

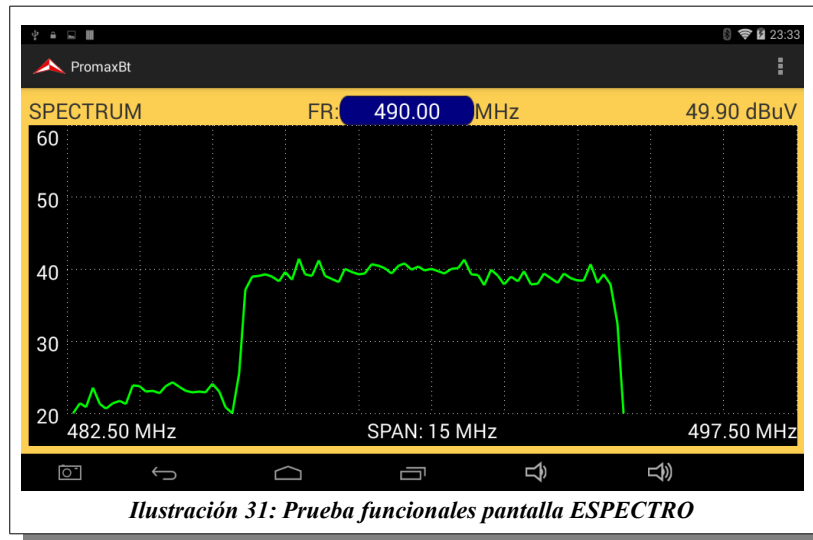
Por este motivo se le ha tenido que añadir al PROMAX-12 un módulo de COFDM, para poder realizar las constelaciones de la televisión digital TDT.

Se han realizado pruebas funcionales a medida que se realizaban las pantallas cuando se probaba el correcto funcionamiento de las pruebas unitarias.

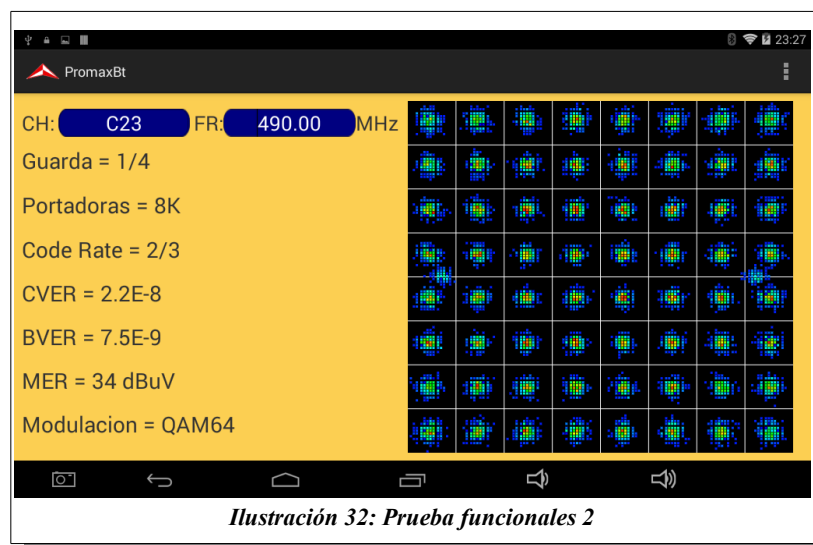
En la pantalla de SCAN, se ha probado el correcto funcionamiento de todas la funciones, la función de cambio de frecuencia, la función de cambio de valor de referencia y la función de cambio de SPAN, además se ha probado que la representación de los datos recibidos sean correctos y la representación es la misma que en un PROMAX-12.



En la pantalla de ESPECTRO se ha probado el correcto funcionamiento de todas la funciones, la función de cambio de frecuencia, la función de cambio de valor de referencia y la función de cambio de SPAN, además se ha probado que la representación de los datos recibidos sean correctos y la representación es la misma que en un PROMAX-12.



En la pantalla de CONSTELACIÓN de COFDM se ha probado el correcto funcionamiento de todas la funciones, la función de cambio de frecuencia por canal y por frecuencia, además se ha probado que la representación de los datos recibidos sean correctos y la representación es la misma que en un PROMAX-12. El correcto funcionamiento las colisiones de los puntos de constelación y como se va repintando con el degradado .



7.3.- Objetivos cumplidos:

Mediante las pruebas unitarias y las pruebas funcionales se ha podido comprobar el correcto funcionamiento de todos los comandos que hay en la Tabla 20.

Con las pruebas se han forzado errores para ver como se comporta la aplicación y se han implementado en el código métodos para que los errores detectados sean ignorados y no paren el correcto funcionamiento de la aplicación.

Los objetivos de funcionalidad de la aplicación en las pantallas, ha sido cumplido con éxito, ya la aplicación Android puede enviar comandos al PROMAX-12, para modificar su estado, cambiar la frecuencia, cambiar el valor de referencia, cambiar el Span .

Cuando se envían estos comando el PROMAX-12, cambian los valores de representación y comienza a enviar datos a la aplicación Android.

Los comandos que el PROMAX-12 envía al dispositivo Android funcionan correctamente, las pantallas de la aplicación representa los valores correctamente en el canvas de la aplicación, se pueden ver los gráficos generados por los datos recibidos del PROMAX-12.

8.- INSTALACIÓN:

Para realizar la instalación se entrega un archivo APK.

Este archivo se tiene que introducir dentro del dispositivo Android, mediante un cable y conectado a un ordenador y depositándolo en una carpeta o con un e-mail, y el archivo APK como archivo adjunto.

Hay que activar las instalaciones desde orígenes desconocidos desde las opciones de seguridad.

Con un navegador de archivos de Android se va a buscar la localización del archivo y se da un doble clic y nos dirá si queremos instalarlo.

Un vez instalando, ya se puede ejecutar como cualquier otra aplicación.

9.- CONCLUSIONES:

Los objetivos se han cumplido a pesar de los problemas aparecidos:

- Problemas de comunicación Bluetooth, la pérdida de paquetes recibidos por la aplicación Android.
- De la incorporación de una nueva pantalla SCAN.
- Implementación de dos nuevas clases, *canalización* y *channel*.

Todos los objetivos que se marcaron en la memoria, se han llevado a la práctica. Ha sido duro y ha costado más horas de las calculadas (18 horas por la pantalla SCAN, 24 horas por la pérdida de paquetes y 4 horas mas por las nuevas clases), pero ha llegado al día de la entrega de la memoria, con una APP que funciona bien y hace lo que se había planeado.

Esta aplicación sienta las bases para desarrollar una aplicación completa, que sea capaz de gestionar todas las funciones de interacción con el usuario que implementa el PROMAX-12. Para hacer una APP completa aun queda mucho trabajo, pero el trabajo más duro ya está hecho, y los temas que podían suscitar más incertidumbre se han resuelto satisfactoriamente.

Hacer funcionar el hardware antiguo del PROMAX-12 con el módulo Bluetooth, poder llegar a que se comunice con el dispositivo Android y ver que el conjunto completo funciona correctamente es algo gratificante.

Ha sido una experiencia muy positiva poder llevar a cabo un proyecto de esta envergadura.

10.- BIBLIOGRAFÍA:

Equipo PROMAX-12:

<http://www.promax.es/esp/productos/analizadores-tv-cable/PROMAX-12/analizador-qam-tv-cable> - 2015

Modulo Bluetooth LAIRD TECHNOLOGIES BTM430:

http://es.farnell.com/laird-technologies/btm430/bluetooth-mod-at-data-ext-antenna/dp/1857738?ost=1857738&mckv=scDFI6Twy_dc%7Cperid%7C68803212057%7Ckword%7Cbtm430%7Cmatch%7Cp%7Cplid%7C&CMP=KNC-GES-FES-GEN-SKU-MDC&gclid=CPrtnqWVn8gCFUnlwgodFG8BRw - 2015

Entorno de desarrollo Android Studio:

<https://developer.android.com/sdk/index.html> – 2015

Apis de Google:

<http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/connectivity/bluetooth.html> – 2015

Foro de programación:

<http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth.html> – 2015

Enciclopedia libre online:

<https://es.wikipedia.org> – 2015

Programa de edición de vídeo:

<https://www.techsmith.com/camtasia.html> - 2016