



Universidad de Valladolid

E.T.S.I. Telecomunicación

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE
TELECOMUNICACIÓN ESPECIALIDAD TELEMÁTICA

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA
APLICACIÓN iOS PARA LA
REHABILITACIÓN NEUROPSICOLÓGICA DE
PERSONAS CON DETERIORO COGNITIVO.**

Autor: David Díaz Urueña

Tutor: Míriam Antón Rodríguez

Título: Diseño y desarrollo de una aplicación iOS para la rehabilitación neuropsicológica de personas con deterioro cognitivo.

Title: Design and development of an iOS application for the neuropsychological rehabilitation of people with cognitive damage.

Autor: David Díaz Urueña.

Tutor: Míriam Antón Rodríguez.

Tribunal

Presidente: Míriam Antón Rodríguez.

Secretario: David González Ortega.

Vocal: Mario Martínez Zarzuela.

Suplente 1: Francisco Javier Díaz Pernas.

Suplente 2: M^a Ángeles Pérez Juárez.

Resumen del Proyecto

El objetivo del proyecto expuesto a continuación consiste en el desarrollo de una aplicación para el sistema operativo de Apple Inc., iOS, para la rehabilitación neuropsicológica de personas con deterioro cognitivo. El objetivo es que desde esta aplicación se pueda realizar un tratamiento personalizado para cada usuario final de una forma sencilla. Los datos de cada una de las sesiones de juegos se volcarán en una base de datos general, cuando el dispositivo se encuentre conectado a internet, de forma que se pueda conocer siempre la evolución de cada paciente. La aplicación se constituye como un sistema multimedia de evaluación y rehabilitación neuropsicológica que permite la realización de programas de entrenamiento y recuperación de funciones cognitivas superiores en personas que presentan déficits y/o deterioros cognitivos.

La aplicación está ideada para trabajar sobre la *tablet* de Apple, el *iPad*, ya que gracias a su gran pantalla es ideal para que la interacción entre el usuario y la aplicación sea lo más cómoda posible. La aplicación es compatible con todos los modelos de iPad que hay en el mercado y con todas las versiones del sistema operativo iOS. Para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación, ésta ha sido probada y testada en dos dispositivos físicos diferentes, un iPad 2, del año 2011 y un iPad Air 2, del año 2014.

La aplicación ha sido desarrollada para garantizar que la interfaz de usuario sea lo más simple, clara e intuitiva para que pueda ser utilizada por voluntarios de organizaciones que no tengan altas nociones en el manejo de dispositivos de esta índole, o incluso por el propio paciente, ya que no requiere de la inserción de datos complejos ni una navegación avanzada por la misma para llegar a realizar los juegos de los que se compone la aplicación.

Abstract

The main objective of this Project is the development of an application for the operative system of Apple Inc., iOS, for the neuropsychological rehabilitation of people with cognitive damage. The goal is that from this application it would be possible to carry out a custom treatment for each user in a very simple way. The data of each game session will be dumped into a general database, when the device is connected to the Internet, in order to be able to know the progress of the patient in any moment. The application has been developed as a multimedia evaluation system and neuropsychological rehabilitation that allows the realization of training programs and the recovery of cognitive functions in patients with cognitive deficit or damage.

The application is conceived to work in the tablet of Apple, the iPad, because thanks to its big screen it is ideal for make the interaction between the user and the application the most comfortable as possible. The application is compatible with all the versions of the iPad available, and also with all the versions of iOS. In order to guarantee the proper functioning of the application, it has been tested in two different devices, an iPad 2 of 2011, and an iPad Air 2, of 2014.

The application has been developed to guarantee that the user interface is as simple as possible, clear and intuitive, so it can be used by volunteers of organizations with low knowledge in the use of devices of this nature, or even by the patient himself, since the application does not require the insertion of complex data or and advanced navigation by the application itself in order to play the games of the application.

Palabras Clave

Rehabilitación cognitiva, rehabilitación neuropsicológica, eHealth, mHealth, iOS, Xcode, Swift, Apple, iPad.

Keywords

Cognitive rehabilitation, neuropsychological rehabilitation, eHealth, mHealth, iOS, Xcode, Swift, Apple, iPad.

Agradecimientos

A mis padres, sin los cuales no habría sido posible este proyecto, a mi tutora Míriam y a todos mis amigos en general por haberme ayudado y apoyado y a Natalia García Morillo (<https://www.behance.net/nataliagm>) en especial por haber realizado el diseño de los iconos de la aplicación (Anexo1).

Índice de Contenidos

1	Capítulo 1: Introducción.....	13
1.1	eHealth.....	15
1.1.1	Diferentes formas de eHealth.....	17
1.1.2	Historial de Salud Electrónico (EHR).....	17
1.1.2.1	Características técnicas.....	18
1.1.2.2	EHR en la Unión Europea.....	19
1.1.3	ePrescribing.....	19
1.1.3.1	Funciones de ePrescribing.....	20
1.1.3.2	El modelo de ePrescribing.....	20
1.1.3.3	Beneficios de ePrescribing.....	21
1.1.3.4	Limitaciones de ePrescribing.....	22
1.1.3.5	ePrescribing en España.....	23
1.1.3.6	ePrescribing en el resto de Europa.....	24
1.1.4	Telemedicina.....	24
1.1.4.1	Tipos de Telemedicina.....	25
1.1.5	mHealth.....	27
1.1.5.1	Motivación de mHealth.....	29
1.1.5.2	Tecnología y Mercado.....	29
1.1.5.3	mHealth y resultados de la salud.....	30
1.1.5.4	Aplicaciones en el campo de mHealth.....	31
1.1.5.5	mLearning.....	31
1.1.6	Cibermedicina.....	32
1.1.7	Seguridad en eHealth.....	32
2	Capítulo 2: Tecnologías.....	37
2.1	Introducción.....	37
2.2	iOS.....	40
2.2.1	Arquitectura de iOS.....	40
2.2.2	Actualizaciones y versiones actuales.....	42
2.2.3	Ventajas y desventajas de iOS.....	43
2.2.4	Xcode.....	43
2.3	Android.....	45
2.3.1	Arquitectura de Android.....	45

2.3.2	Actualizaciones y versiones actuales.....	47
2.3.3	Ventajas y desventajas de Android.....	48
2.3.4	Eclipse y otros IDE.....	49
2.4	Otros sistemas operativos para dispositivos móviles.....	49
2.4.1	Windows Phone.....	49
2.4.2	Firefox OS.....	50
2.5	Lenguajes de programación en iOS.....	51
2.6	Comparación y elección.....	51
3	Capítulo 3: Descripción técnica de la Aplicación.....	53
3.1	Introducción.....	53
3.2	La interfaz de usuario.....	55
3.3	Los Ejercicios.....	62
3.3.1	Ejercicios de Atención.....	62
3.3.1.1	Atención Selectiva Visual 1.....	62
3.3.1.2	Atención Selectiva Visual 2.....	64
3.3.1.3	Atención Visual de Color.....	64
3.3.2	Ejercicios de Percepción.....	65
3.3.2.1	Percepción Gráfica de Colores.....	66
3.3.2.2	Percepción de Tamaños.....	67
3.3.2.3	Percepción de Formas.....	68
3.3.2.4	Percepción de Localización.....	68
3.3.3	Ejercicios de Memoria.....	69
3.3.3.1	Memoria Verbal.....	69
3.3.3.2	Memoria Gráfica 1.....	70
3.3.3.3	Memoria Gráfica 2.....	71
3.3.4	Ejercicios de Cálculo.....	72
3.3.4.1	Cálculo 1.....	72
3.3.4.2	Cálculo 2.....	73
3.3.5	Ejercicios de Lenguaje.....	73
3.3.5.1	Lenguaje Auditivo de Palabras.....	73
3.4	El almacenamiento de datos.....	75
4	Capítulo 4: Descripción Funcional de la Aplicación.....	81
4.1	Manual de Usuario.....	81
5	Capítulo 5: Presupuesto Económico.....	99

6	Capítulo 6: Conclusiones, Líneas Futuras y Experiencia Personal.....	103
6.1	Conclusiones.....	103
6.2	Líneas Futuras.....	104
6.3	Experiencia Personal.....	105
7	Bibliografía.....	107
8	Anexo 1.....	113

Capítulo 1: Introducción

El panorama socio sanitario actual está marcado por un importante aumento de las patologías traumáticas, un envejecimiento progresivo de la población y por un crecimiento importante de enfermedades degenerativas como el Alzheimer. El crecimiento de patologías traumáticas está ligado de manera unívoca al aumento de las facilidades de diagnóstico de los últimos años y a la concienciación social existente para esta clase de males. En cuanto a los otros dos factores, estos están estrechamente relacionados entre sí, ya que el aumento de la expectativa de vida en nuestra sociedad, ha traído consigo un incremento de enfermedades crónicas en la población anciana, el cual es cada vez mayor. Según importantes estudios epidemiológicos longitudinales como EURODEM (*Euro-Dementia*), se estima que tanto la prevalencia como la incidencia de la demencia y de la enfermedad de Alzheimer se incrementan a partir de los 65 años y se duplican a partir de los 85 años (Colin Mathers, 2000). En cualquiera de los casos, la pérdida de capacidades y facultades cognitivas por parte del paciente es constatable.

Así mismo, es importante destacar que el aumento de la esperanza de vida nunca ha de ser entendido como algo negativo, sino como un beneficio de los continuos avances tecnológicos, sociales y sanitarios de las últimas décadas, siempre y cuando se lidie con las distintas consecuencias ya comentadas. Desde la aparición del primer transistor a mediados del siglo pasado, la industria tecnológica ha sufrido avances impresionantes, cuya consecuencia más obvia son las llamadas TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), presentes en prácticamente todos los aspectos de la sociedad actual (Suárez & Alonso, 2007). Por ejemplo, en el ámbito sanitario desde hace más de 50 años que se utilizan TIC (Schopp et al, 2006). En el entorno de la neuropsicología, una de las primeras evaluaciones que utilizaron estas tecnologías fueron las escalas *Wechsler*, automatizadas en el año 1969 (Elwood & Griffin, 1972). Los resultados de la aplicación de estas tecnologías en la neuropsicología obtenidos durante los últimos 40 años sostienen que los métodos diagnósticos basados en la combinación de datos son mucho más precisos que los basados en el juicio clínico y humano (Adams & Heaton, 1985), argumento que validaría la utilización de medios informáticos y telemáticos en la evaluación y rehabilitación neuropsicológica. Esto, permite generar enormes beneficios al usuario final, a los clínicos encargados de su cuidado y evaluación y a la sociedad en general (Franco-Martin et al, 2000).

En concreto, dentro de las ventajas que se reconocen de la valoración neuropsicológica mediante el uso de TIC se encuentra la economía, incluyendo en esta categoría el menor uso de tiempo y de supervisión profesional. Este tipo de valoración disminuye los riesgos de errores en la corrección y en los problemas atribuidos a la subjetividad, por ejemplo, la influencia que puede tener el examinador sobre el examinado. Otra de las ventajas inherentes consiste en la posibilidad de almacenar datos y establecer con rapidez trayectorias de desempeño. Más específicamente, algunas de las principales ventajas son la posibilidad de medir el tiempo de reacción del paciente, el seguimiento estricto del protocolo y la repetición exacta del procedimiento de presentación de estímulos en cada prueba (Schatz & Browndyke, 2002).

Actualmente, el tratamiento cognitivo no farmacológico de los pacientes afectados por enfermedades degenerativas, esquizofrenias y otras enfermedades mentales, se puede dividir en dos grandes grupos o vertientes. En primer lugar se encuentra la psicoestimulación, que consiste en la estimulación mental y cognitiva mediante ejercicios rutinarios. En este primer apartado se incluiría a los talleres de memoria o los juegos de memoria tipo *Brain Training*, que si bien son útiles para mantener ciertas capacidades y facultades cognitivas, no pueden competir con la adaptabilidad y las posibilidades de los elementos del segundo grupo. En el segundo grupo estarían las herramientas destinadas a la rehabilitación, caracterizadas por su capacidad de ajuste a los déficits o carencias de pacientes concretos previamente evaluados por especialistas. Un claro ejemplo de estos sistemas, es el programa *GRADIOR* de PC, propiedad de la fundación Intrax (Fundación Intrax, 2012). Esta

herramienta se emplea para el tratamiento de pacientes con problemas y/o déficits cognitivos en más de 200 centros de salud y domicilios particulares (<http://www.intras.es>).

Por otro lado, los avances tecnológicos a día de hoy son constantes, y las TIC se encuentran en una continua y asombrosa renovación. Los últimos años han estado marcados por un constante desarrollo y crecimiento de los dispositivos móviles táctiles, tanto a nivel de hardware con la aparición de los Smartphones y las tablets, que se aprovechan de nuevas, mejores y más grandes pantallas y baterías, como a nivel de software, gracias a la gran variedad de sistemas operativos con los que manejar estos dispositivos, como iOS, Android, o Windows Phone. El abanico de posibilidades es enorme, y por lo tanto parece lógico y necesario hacer uso de estos dispositivos para poner al alcance de los más desfavorecidos y de las personas encargadas de su cuidado y vigilancia, herramientas que se aprovechen de la movilidad, la conectividad y la facilidad de uso e interacción que estas nuevas tecnologías aportan.

Las ventajas del empleo de dispositivos móviles táctiles para implementar sistemas de rehabilitación cognitiva parecen más que evidentes y las posibilidades a corto y medio plazo son inmensas. La conectividad de estas tecnologías permitiría a terapeutas y especialistas actualizar los tratamientos de los pacientes o consultar los resultados de los mismos siempre que estos cuenten con un *Smartphone* o una *tablet* con la aplicación de rehabilitación correctamente instalada. Los más beneficiados en este aspecto serían los pacientes que vivan en entornos rurales ya que podrían contar con tratamientos personalizados e individualizados para mantener y mejorar sus capacidades sin tener que acercarse a ningún centro especializado y sin tener necesariamente la supervisión de un especialista. Otra ventaja no menos importante radica en las facilidades inherentes al uso de dispositivos móviles. De esta forma, los pacientes que sufran de problemas de movilidad, ya sean estos permanentes o pasajeros, verían mejorada su calidad de vida al no tener que desplazarse para realizar sus respectivos tratamientos. Por último, cabe destacar el alto grado de aceptación de los terminales táctiles y la gran capacidad de interacción que permiten a sus usuarios gracias al uso de diversos sensores que varían en función del dispositivo. Esto puede resultar de gran ayuda también para pacientes o enfermos no acostumbrados al uso de ordenadores. Por su parte, las desventajas son nimias y su peso será incluso menor en el futuro a causa de la gran inversión existente en el mercado. Las baterías cada vez tienen más capacidad y las pantallas más nitidez. La capacidad de procesamiento y almacenamiento de los dispositivos también va claramente en aumento.

Las intervenciones mediante TIC están demostrando ser efectivas y se constituirán en una estrategia que puede ser de gran ayuda en el ámbito de la neuropsicología, complementándose con intervenciones tradicionales y ajustándose mejor a ciertos tipos de usuarios como las poblaciones rurales, estigmatizadas o con problemas de acomodo a la atención tradicional en salud mental (De Las Cuevas et al, 2006).

Hace unos años ha aparecido un nuevo término que alude a la práctica de cuidados sanitarios apoyada en tecnologías de la información y las comunicaciones. Este es el eHealth, o eSalud en castellano, del cual vamos a hablar a continuación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se ha decidido estructurar este documento en cinco capítulos. En el capítulo actual, se ha hecho una introducción general al problema de la neuropsicología y la tecnología móvil sobre la que se sustenta este proyecto. Además se hablará de eHealth, un término relativamente nuevo que trata sobre la salud y la tecnología.

En el segundo capítulo se va a hacer frente a las distintas tecnologías presentes a día de hoy sobre las cuales se podría implementar una aplicación para la rehabilitación neuropsicología de pacientes con deterioro cognitivo. De este modo se evalúan los principales sistemas operativos para dispositivos móviles actuales, como son iOS, Android, Windows Phone o Mozilla Firefox. Así mismo se dará un vistazo a las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, así como una comparación sobre cual sería la mejor de todas a la hora de desarrollar dicha aplicación.

En el tercer capítulo del documento se va a hablar específicamente de la aplicación desarrollada en iOS, exponiendo una descripción técnica de la misma. Se hablara sobre la interfaz de usuario y como ha sido desarrollada. Se verán los distintos *layouts* creados para diseñar la interfaz y los distintos elementos de cada layout con los que el usuario puede interactuar. Así mismo se verán cada uno de los distintos ejercicios de los que se compone la aplicación, mostrando un diagrama de flujo de cada uno de ellos. Y por último se hablará sobre el almacenamiento de los datos de la aplicación, es decir la base de datos en la que se almacenen los datos personales de los pacientes así como los resultados obtenidos en cada uno de los juegos que los mismos hayan realizado.

El capítulo cuatro también se centra en la aplicación desarrollada, pero esta vez con un enfoque más funcional. En este capítulo se va a crear un manual de usuario, explicando cada uno de los pasos que un usuario puede dar dentro de la aplicación, además de mostrar las diferentes vistas de las que se compone la aplicación y explicando las acciones que se pueden realizar en cada una de dichas vistas.

Por último, en el capítulo cinco se van a recoger las principales conclusiones del proyecto, así como las líneas futuras del mismo, exponiendo posibles formas de mejorar la aplicación y hacerla más completa para que los pacientes se sigan beneficiando de ella con nuevas características.

1.1 eHealth

eHealth, o eSalud en castellano, es un término relativamente nuevo que hace alusión a la atención médica y a la práctica de cuidados sanitarios mediante el uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). En ciertas ocasiones se discute sobre la sobre la simultaneidad de este término con la telemedicina, que se trata de la prestación de servicios médicos a distancia, sin embargo más que solaparse, estas modalidades se complementan correspondiendo a eHealth una amplia variedad de servicios situados entre la medicina y los cuidados sanitarios tecnológicamente asistidos.

El término eHealth abarca un amplio rango de propósitos desde el puramente administrativo hasta la prestación sanitaria. Por ejemplo (Health Canada, 2010):

- Dentro del ámbito de la atención hospitalaria, eHealth se refiere a los sistemas de administración de pacientes electrónicos; sistemas de laboratorio e información de radiología; sistemas de mensajería electrónica; y telemedicina, que englobaría teleconsultas, telepatología y teledermatología, entre otras.
- Dentro del ámbito de la atención en el hogar, se incluyen las teleconsultas y los sistemas de monitorización remota de constantes vitales usados para la diabetes, monitorización del asma y sistemas de diálisis en el hogar.
- Dentro del ámbito de la atención primaria, eHealth se puede referir al uso de sistemas informáticos por los médicos de cabecera y farmacéuticos para el tratamiento de los pacientes, el historial médico y prescripción electrónica.

Un componente principal para todas estas aplicaciones es el Historial de Salud Electrónico (Electronic Health Record, EHR), el cual permite el intercambio de información entre los proveedores de cuidado de todas las disciplinas médicas y las instituciones. Otros usos importantes de eHealth se encuentra en las áreas de educación médica continua y en la concienciación pública de la salud y la educación (Health Canada, 2010).

La primera vez que se oyó el término eHealth fue en el Séptimo Congreso Internacional de Telemedicina (Telemedicine) y Telecuidado (Telecare) de Londres a finales de 1999. John Mitchell de Sídney, Australia, habló acerca de un estudio del gobierno cuyo principal resultado fue reconocer que el coste-eficiencia de la telemedicina y la telesalud aumenta considerablemente cuando forman parte de un uso integrado de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información en el

sector de la salud. Esto llevó a la identificación de eHealth como el término que acoge la telemedicina y la telesalud, que dio lugar a definiciones como “un nuevo término necesario para describir el uso combinado de comunicación electrónica y tecnologías de la información en el sector de la salud”.

Durante esta charla, el término eHealth fue introducido como la muerte de la telemedicina, debido a que la telemedicina dejaría de existir como un campo específico. Ocurriría lo mismo para cualquier otro campo tradicional en medicina informática, incluyendo los sistemas de información y los historiales electrónicos de los pacientes. eHealth se presenta entonces como un nombre común para todos estos campos tecnológicos.

Un año más tarde el experto E. Rosen explicó ciertas diferencias relacionadas con el uso de las palabras eHealth y telemedicina en el artículo “The death of Telemedicine?” para la revista *Telemed Today* en el año 2000. Rosen señaló que los inversores buscan inversiones que puedan producir alto rendimiento incluso después de varios años. Por lo tanto desde este punto de vista el término de telemedicina parece inadecuado, ya que identifica un nicho de mercado, mientras que eHealth parece más abierto y prometedor. Rosen también señaló los aspectos hardware de la telemedicina, los cuales están basados en el modelo de ventas de equipos tradicional, mientras que eHealth está orientado a la prestación de servicios, que es mucho más interesante desde el punto de vista comercial.

En otro artículo para la revista *Telemed Today* en el año 2000, publicada por A. Allen bajo el título “Morphing Telemedicine - Telecare - Telehealth – eHealth”, Allen descubrió una nueva diferencia.

Según Allen la telemedicina permanece unida a profesionales médicos, mientras que eHealth está impulsada por gente no profesional, concretamente por los pacientes, que con sus intereses impulsan nuevos servicios incluso en el campo de la asistencia médica, sobre todo para su fortalecimiento a través del acceso a información y conocimiento (JMIR, 2001).

eHealth se ha convertido en un elemento esencial para la renovación de la atención sanitaria. La aplicación de eHealth al sistema de atención médica ha supuesto un aumento de los beneficios para los pacientes tanto en accesibilidad, calidad y eficiencia (Health Canada, 2010).

En el año 2005, la Asamblea Mundial de la Salud (World Health Assembly, WHA) adoptó la medida WHA58.28 instando a las Organización Mundial de la Salud (OMS) y sus Estados Miembros a respaldar eHealth como una forma de fortalecer los sistemas de salud. Específicamente la resolución insta a los Estados Miembro a “movilizar una colaboración multisectorial para determinar las reglas y normas de eHealth con el fin de evaluar las actividades de la misma, y compartir el conocimiento de modelos coste-eficientes, asegurando de esta manera calidad, seguridad y estándares éticos y respeto por los principios de confidencialidad de información, privacidad, equidad e igualdad (OMS, 2012).

Este tema tiene tres principales objetivos (OMS, 2012):

- Proveer una visión autoritativa, crítica e independiente de los conocimientos actuales sobre los métodos y aplicaciones adecuados en eHealth.
- Incluir colaboradores de los países en desarrollo que rara vez tienen oportunidad de publicar en revistas internacionales.
- Fortalecer el compromiso de los responsables de alto nivel para ajustar los problemas de interoperabilidad de eHealth y buscar la ampliación de la aplicación de la eHealth.

Investigadores, académicos y profesionales de la salud han dado su punto de vista acerca del tema:

“El desarrollo de eHealth debe de ser holístico, basado en la evidencia y centrado en las personas; debe tener en cuenta como vive la gente en sus propios ambientes y debe responder a las necesidades de las partes interesadas” (Van Gemert-Pijnen et al., 2012).

“Una mejora en la colaboración entre redes podría ayudar a atenuar la falta de recursos y de esta manera, aumentar la sostenibilidad” (Wootton et al., 2012).

En un estudio sobre los usos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones relacionadas con la salud en ciudades con ingresos bajos y medios se encontraron tres objetivos fundamentales: extender geográficamente el acceso a la atención sanitaria, mejorar la gestión de los datos y facilitar la comunicación entre los pacientes y los médicos fuera de las oficinas (Lewis T et al., 2012).

Desde otra perspectiva reveladora Thirumurthya H y Lester RT encuentran evidencias de que la salud móvil, llamada mHealth puede permitir un cambio en el comportamiento y mejorar los resultados de la salud en entornos con recursos limitados (Thirumurthya & Lester, 2012). En la misma sección van Heerden A, Tomlinson M, Swartz L argumentan que el verdadero reto para el despliegue de la eHealth radica en el establecimiento de las mejores prácticas a nivel nacional que sean rentables y que cuenten con el apoyo y la evaluación más rigurosa. Los legisladores y los financiadores deben promover, legislar y financiar programas e intervenciones que se integren y construyan sobre un marco común de mHealth (Van Herdeen et al., 2012).

1.1.1 Diferentes formas de eHealth

El término eHealth puede abarcar un gran rango de servicios o sistemas que están al borde de la atención sanitaria y de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Entre estos servicios se encuentran:

- EHR: de los que ya se ha hablado con anterioridad y se hablará más a fondo a continuación.
- CPOE: Computerized Physician Order Entry. Se trata de un método de solicitar pruebas diagnósticas y tratamientos electrónicamente y recibir los resultados.
- ePrescribing o prescripción electrónica, es la generación, transmisión y relleno de forma electrónica de una prescripción médica sustituyendo así las prescripciones en formato papel.
- CDSS: Clinical Decision Support System. Sistema de Soporte de Decisiones Clínicas. Es un sistema tecnológico diseñado para ayudar a los médicos y profesionales de la salud a la hora de tomar decisiones, proporcionando de manera electrónica información acerca de protocolos y estándares para usar en los diagnósticos y en el tratamiento de los pacientes.
- Telemedicina: Es el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones para llevar a cabo tratamientos médicos a distancia, incluyendo la telemonitorización de pacientes.
- CHI: Consumer health informatics. Informática de la salud de los Consumidores. Es el uso de recursos electrónicos en temas médicos por parte de individuos sanos o pacientes.
- Equipos de atención médica virtual: Se trata de un conjunto de profesionales de la atención sanitaria que colaboran y comparten información con pacientes a través de equipamiento digital.
- mHealth: Es el término usado para la práctica de la medicina mediante el uso de dispositivos móviles, proporcionando información sanitaria a médicos, investigadores y pacientes.
- Sistemas de Información de Salud: Se refiere a aplicaciones software para la programación de citas, gestión de los datos de los pacientes, gestión de horarios de trabajo y otras tareas administrativas concernientes a la salud.

1.1.2 Historial de Salud Electrónico (EHR)

El EHR, de sus siglas en inglés, Electronic Health Record, o EMR, Electronic Medical, Record, es un término que se refiere a una colección sistematizada de información médica de los pacientes

electrónicamente almacenada en formato digital (Gunter et al., 2005). Estos historiales pueden ser compartidos a través de diferentes entornos de asistencia médica. Estos historiales son compartidos a través de diferentes entornos de atención médica. Los historiales son compartidos a través de sistemas de información empresariales interconectados u otras redes de información. Los Historiales de Salud Electrónicos pueden incluir una gran cantidad de datos, como estadísticas demográficas, historiales médicos, medicación, alergias, estados de inmunización, resultados de test de laboratorio, imágenes de radiología, signos vitales, estadísticas personales, como edad y peso e información de facturación (TMT, 2014).

Los sistemas EHR han sido diseñados para almacenar datos de manera precisa y capturar el estado de los pacientes a lo largo del tiempo. Estos sistemas eliminan la necesidad de localizar el historial previo del paciente y ayudan a asegurar que los datos son precisos y legibles. Además pueden reducir el riesgo de que los datos se dupliquen ya que únicamente existe un fichero modificable, lo que significa que es más probable que el fichero este actualizado, y reduce el riesgo de pérdida de papeles. Gracias a que con la información digital se pueden realizar búsquedas y a la existencia de un único archivo por paciente, los EHR son más efectivos cuando se extraen los datos médicos para el análisis de posibles tendencias y cambios a largo plazo en un paciente. Los estudios basados en la población de historiales médicos también pueden ser facilitados por la rápida adopción de EHR's y EMR's.

1.1.2.1 Características técnicas

Gracias a la digitalización de la información los EHR tienen unas características que les hace ser mejores frente a los historiales clínicos en papel.

- El formato digital permite que la información sea usada y compartida a través de redes seguras.
- Se puede hacer un seguimiento tanto de las recetas como de los resultados de las pruebas.
- Activación de alertas y recordatorios.
- Envío y recepción de órdenes, reportes y resultados.

En cuanto al intercambio de información de la salud:

- Posee un marco técnico y social que hace posible que la información se comparta electrónicamente entre organizaciones.
- Presentación de informes a la salud pública.
- ePrescribing.
- Compartición de los resultados de laboratorio con los proveedores.

Usar un EHR para leer y escribir los historiales de un paciente no es posible únicamente a través de una estación de trabajo, sino que, dependiendo del tipo de sistema y del centro hospitalario, también puede ser posible hacerlo mediante el uso de dispositivos móviles que permitan la escritura manual, tablets y Smartphones. Los Historiales de Salud Electrónicos pueden incluir acceso a Historiales de Salud Personal, PHR de sus siglas en inglés, Personal Health Record, que son unos historiales en los que los datos y la información relacionados con la salud del paciente son mantenidos por el propio paciente.

Algunos sistemas EMR monitorizan automáticamente eventos clínicos, analizando los datos del paciente desde un Historial de Salud Electrónico para predecir, detectar y prevenir potencialmente eventos adversos. Esto puede incluir transferir órdenes farmacéuticas, resultados de radiología, resultados de laboratorio y cualquier otro tipo de dato proveniente de servicios secundarios o las notas del paciente. Este tipo de monitorización de eventos ha sido implementado usando el intercambio de información de salud pública de Luisiana

uniendo la salud pública en todo el estado con historiales de salud electrónica. Este sistema, por ejemplo, ha servido para alertar a los médicos cuando un paciente con VIH no ha recibido atención sanitaria durante más de doce meses. Este sistema ha sido capaz de reducir ampliamente el número de oportunidades críticas perdidas (Herwehe et al., 2011).

La compartición de información entre las organizaciones de atención sanitaria y los sistemas de información está cambiando de un modelo punto a punto a un modelo muchos a muchos. La comisión europea está apoyando movimientos para facilitar la interoperabilidad entre fronteras de los sistemas eHealth y eliminar todas las potenciales trabas legales como en el proyecto EPSOS (www.epsos.eu). Para permitir el flujo de trabajo de compartición global, los estudios que se estén leyendo serán bloqueados, y serán nuevamente desbloqueados y actualizados una vez que su lectura haya concluido. Los radiólogos serán capaces de servir a múltiples centros de salud y leer e informar a través de extensas áreas geográficas, equilibrando así las cargas de trabajo. Los mayores desafíos se relacionan con la interoperabilidad y la claridad legal. En algunos países la práctica de la teleradiología está prohibida. Además, la variedad de idiomas hablados es un problema y las plantillas de informe multilingües para todas las regiones anatómicas no están todavía disponibles. Sin embargo, el mercado para eHealth y teleradiología esta evolucionando más rápidamente que las leyes y las regulaciones sobre las mismas.

1.1.2.2 EHR en la Unión Europea

La Comisión Europea quiere potenciar la economía digital permitiendo a todos los ciudadanos europeos tener acceso a todos los historiales médicos online en cualquier parte de la Unión Europea para el año 2020. Con la recientemente promulgada Directiva 2011/24/EU sobre los derechos de los pacientes en la asistencia sanitaria transfronteriza, es inevitable que un sistema de historiales médicos centralizados europeo se haga realidad, antes incluso del año 2020. Sin embargo, el concepto de un servidor supranacional centralizado, plantea una cierta preocupación acerca de almacenar historiales médicos electrónicos en una localización central. La amenaza a la privacidad que plantea una red supranacional es una preocupación clave.

Los sistemas de historiales de salud electrónicos trasfronterizos e interoperables hacen que los datos confidenciales sean más fácil y rápidamente accesibles para una audiencia amplia y aumentan el riesgo de que los datos de carácter personal relativos a la salud puedan accidentalmente quedar expuestos o ser fácilmente distribuidos a terceros no autorizados al permitir un mayor acceso a un conjunto de datos personales relativos a la salud, provenientes de diferentes fuentes y durante toda la vida (Kierkegaard, 2011).

1.1.3 ePrescribing

Como se mencionó anteriormente, el ePrescribing es la generación, transmisión y relleno de forma electrónica de una prescripción médica sustituyendo así las prescripciones en formato papel. El ePrescribing permite a los médicos, farmacéuticos, enfermeras o médicos residentes transmitir electrónicamente una nueva prescripción o autorización de renovación a una farmacia. El ePrescribing permite enviar las recetas desde el proveedor de servicios médicos a la farmacia de forma precisa, comprensible y libre de errores. Así mismo el ePrescribing está destinado a reducir el riesgo asociado con la prescripción tradicional de forma escrita. Además, es una de las principales razones para el impulso de los EHR. Al compartir información de prescripciones médicas, el ePrescribing busca conectar el equipo de proveedores de atención sanitaria de paciente con el fin de facilitar la toma de decisiones (MedRunner Inc., 2011).

1.1.3.1 Funciones de ePrescribing

Un sistema cualificado de prescripción electrónica debe de ser capaz de realizar todas y cada una de las siguientes funciones (American Medical Association, 2011):

- Generar una lista de medicación activa completa incorporando datos electrónicos recibidos de un plan de medicamentos en el caso de que esté disponible.
- Selección de medicamentos, impresión de recetas, transmisión electrónica de recetas y llevar a cabo todos los controles de seguridad usando sistemas integrados para el soporte de decisiones. Los controles de seguridad incluyen: instrucciones automatizadas que ofrezcan información acerca del medicamento recetado, la dosis apropiada o vía de administración, interacciones entre distintos medicamentos, posibles alergias o efectos secundarios.
- Proporcionar información relacionada con la disponibilidad de alternativas apropiadas de menor valor, en el caso de haberlas.
- Proporcionar información acerca de listados de medicinas, la idoneidad para el paciente y requerimientos de autorización recibidos electrónicamente desde el plan de medicamentos del paciente.
- Revisar la lista de medicinas actual del paciente y la información del historial del paciente durante el tratamiento.
- Trabajar con una medicina existente durante el tratamiento. Esto puede involucrar observar los detalles de un medicamento, retirar un medicamento de la lista de medicamentos, cambiar la dosis, etc.
- Prescribir o añadir nuevos medicamentos y seleccionar la farmacia cuando se rellene la prescripción
- Enviar la información al Hub de transacciones, donde la información sobre la elección del paciente, la lista y el historial de medicamentos se mande de vuelta al médico.
- Integración de las capacidades del sistema, como por ejemplo la conexión con varias bases de datos o contacto con la farmacia.
- Capacidades educacionales, como por ejemplo la educación del paciente o el aporte de información por parte del paciente.

1.1.3.2 El modelo de ePrescribing

El modelo de un sistema de prescripción electrónica consta de 4 componentes básicos, el médico, el Hub de transacción (Transaction hub), la farmacia con implementación de software para el soporte de la prescripción electrónica y el Administrador de Beneficios de la Farmacia (PBM) (Health Resources and Services Administration, 2011):

- Médico: Los médicos son definidos como los usuarios en el sistema de prescripción electrónica y se registran en el sistema a través de un proceso de verificación para autenticar su identidad.
El médico puede mirar la base de datos con los historiales de los pacientes usando la información personal de los pacientes. Una vez que han encontrado el fichero del paciente que buscaban, el médico puede revisar toda la información médica del paciente y añadir nuevas prescripciones o actualizar las existentes.
- Transaction hub: Proporciona un nexo común entre todos los actores (médico, farmacia y Administrador de Beneficios de la Farmacia). El hub almacena y mantiene un índice maestro de los pacientes para un acceso rápido a su información médica, así como una lista de las farmacias habilitadas.
Cuando el médico añade nueva información de prescripción al fichero del paciente, esta se envía al hub. Esto hace que automáticamente se envíe la información acerca

de la transacción al PBM, que responderá al hub con información acerca del paciente. Entonces el hub mandará esta información al médico para mejorar el tratamiento al paciente. Después de esto la información de prescripción se mandará a la farmacia habitual del paciente.

- Farmacia: Cuando la farmacia recibe la información de prescripción del hub de transacción mandará un mensaje de confirmación. La farmacia también tiene la capacidad de comunicarse con el médico para indicarle que la orden de prescripción se ha efectuado con éxito. Futuros desarrollos en el sistema permitirán el envío de nuevos mensajes de información, como por ejemplo que el paciente no ha recogido su medicación o que es demasiado tarde para recoger la medicación, con el fin de mejorar la atención al paciente.

1.1.3.3 Beneficios de ePrescribing

ePrescribing ofrece a los médicos una herramienta muy potente para organizar las prescripciones médicas de sus pacientes de una forma segura y eficiente. Comparado con las prescripciones en formato papel, ePrescribing puede mejorar la seguridad del paciente y el cumplimiento de la medicación, mejora la precisión y eficiencia de las prescripciones médicas y reduce los costes de la atención sanitaria evitando que se den medicaciones erróneas y sustituyendo los medicamentos por alternativas más baratas (American Medical Association, 2011). Esto es de gran importancia, ya que en el año 2000, el Instituto de Medicina identificó que el error médico más común era dar medicamentos erróneos a los pacientes, estimando que esto conllevaba a la muerte de cientos de pacientes al año (Institute of Medicine, 2000).

Para los proveedores que eligen invertir en la tecnología de ePrescribing, la adopción podría mejorar la calidad y la eficiencia y podría reducir significativamente los costes promoviendo un uso adecuado de los medicamentos, proporcionando información a los proveedores acerca de la cobertura de medicamentos, incluyendo posibles alternativas e información sobre el copago, y acelerando el proceso de renovación de los medicamentos. Así mismo ePrescribing podría jugar un papel muy significativo en los esfuerzos por reducir los incidentes relacionados con la desviación de medicamentos (dar a una persona una medicina que ha sido prescrita legalmente a otra persona para usos ilícitos) alertando a los proveedores y farmacéuticos acerca de prescripciones duplicadas de sustancias controladas.

Más específicamente, los beneficios de la prescripción electrónica tanto para pacientes como para los médicos incluye (American Medical Association, 2011):

- Mejorar la seguridad y calidad del cuidado del paciente.
- Se elimina la ilegibilidad de las prescripciones hechas a mano, disminuyendo así el riesgo de recibir una medicación errónea. Además se reduce el error de comunicación oral ya que ePrescribing reduce la necesidad de llamadas telefónicas entre los médicos y los farmacéuticos.
- Ofrece sistemas de aviso y de alerta.
- Puede mejorar el proceso general de medicación a través de sistemas de soporte para decisiones clínicas que pueden realizar chequeos en la medicación actual de los pacientes.
- Reduce el tiempo empleado en llamar a las farmacias.
- Reduce el tiempo empleado en enviar por fax las prescripciones a las farmacias.
- Automatiza el proceso de renovación de las prescripciones.
- Aumenta la comodidad del paciente y el cumplimiento de la medicación. Se estima que cerca del 20% de las prescripciones en formato papel no son rellenadas por el paciente. Con ePrescribing se reduce el periodo de espera, por lo que se reduce el

número de recetas sin rellenar y por lo tanto aumenta el cumplimiento de la medicación por parte del paciente.

- Permite una mayor movilidad a los médicos a la hora de hacer prescripciones.
- Mejora la capacidad de vigilancia en la medicación.

1.1.3.4 Limitaciones de ePrescribing

Aunque ePrescribing tiene la capacidad de racionalizar el proceso del flujo de trabajo e incrementar la eficiencia de los sistemas, se requiere de las herramientas apropiadas en el contexto apropiado. Al igual que en otros sectores, el cambio puede ser difícil. Los errores previos pueden ser abordados, pero la adopción e implementación de nueva tecnología siempre viene con inconvenientes.

A continuación se muestran una serie de retos y limitaciones que pueden dificultar la adopción extendida de las prácticas de ePrescribing (American Medical Association, 2011):

- Coste financiero y rentabilidad de la inversión: Los costes asociados con la compra, implementación, soporte y mantenimiento del sistema puede estar fuera del alcance de las clínicas más pequeñas y ser una de las mayores barreras de implementación. Los trabajadores de atención sanitaria que son responsables de las prescripciones médicas, especialmente en las clínicas pequeñas, en áreas marginales o en zonas rurales apartadas, no podrían soportar el coste asociado al establecimiento de la infraestructura de ePrescribing. Las clínicas médicas, por lo tanto, necesitan realizar una inversión significativa tanto en hardware como en software, variando costes dependiendo de las especificaciones del sistema, ya sean sistemas independientes o un sistema EHR completo. Incluso las clínicas que reciben los sistemas ePrescribing de forma gratuita deben hacer frente a costes relativos a la gestión de la interfaz, entrenamiento, mantenimiento y actualizaciones. Así mismo, las clínicas deben tener en cuenta el tiempo perdido y la eficiencia durante el periodo de implementación de los sistemas.
- Cambio en la gestión: Son muchos los que subestiman los retos que supone el cambio en la gestión cuando se está produciendo la transición de realizar las recetas en formato papel al ePrescribing. Este reto se acentúa notablemente en las clínicas con un alto número de pacientes donde los proveedores de atención sanitaria y el personal asociado están acostumbrados al sistema de gestión antiguo. Teniendo esto en cuenta, algún miembro del personal que esté acostumbrado a ciertas prácticas, puede tener cierta aversión a la tecnología y, por lo tanto, puede dificultar tener a todo el personal a favor cuando se produzca un cambio importante. El cambio también requiere que los farmacéuticos cambien su flujo de trabajo y aumente su concienciación de los nuevos tipos de errores asociados al ePrescribing, con el fin de orientar mejor sus actividades para reducir el riesgo clínico. Como resultado de esto, se deben tomar una serie de pasos para garantizar una planificación efectiva, entrenamiento, soporte y mejora continua de la calidad para una transición satisfactoria.
- Elección del hardware y del Software: Elegir la plataforma hardware y las aplicaciones software correctas puede ser una tarea abrumadora para las clínicas. Algunas tienen acceso limitado a información del personal, llevándolas a luchar por ver cómo empezar.
- Alertas erróneas: La imposibilidad de usar efectivamente sistemas de toma de decisiones clínicos debido a la activación errónea de alertas pop-up con el software impreciso es también una gran limitación. Bajo estas circunstancias, algunos optan por desactivar las notificaciones, desactivando uno de los aspectos más beneficiosos del sistema.

- Integridad en la inserción de datos: Existe la posibilidad de cometer errores accidentales, como por ejemplo seleccionar un paciente erróneo o elegir la opción incorrecta en el menú de las dosis. Los vendedores de software deben revisar continuamente los reportes de los usuarios y usar las mejores prácticas en el diseño de la interfaz de usuario.
- Seguridad y privacidad: Al igual que ocurre con otras soluciones de eHealth, la privacidad de la información de los pacientes almacenada de forma electrónica puede llevar a la posibilidad de cometer errores, como por ejemplo divulgar involuntariamente información protegida sobre la salud en internet mediante el uso de prácticas de seguridad inadecuadas. También pueden darse casos de negligencia, en los que los empleados pueden enviar prescripciones a organizaciones fuera de su uso previsto. Otro tema de seguridad que debe ser tratado es la verificación de la firma electrónica, asegurando la integridad médica de las prescripciones recibidas por el farmacéutico. Por lo tanto, hospitales, clínicas y farmacias deben estar protegidas con firewalls, usar configuraciones de permisos estrictos y permanecer atentos a cualquier señal de intrusión.
- Tiempo de inactividad del sistema: Pueden surgir periodos de inactividad del sistema debido a problemas relacionados con la conexión, fallos del hardware, o pérdida de electricidad. La incapacidad de usar la prescripción electrónica cuando el sistema no está accesible es un tema de gran preocupación, y debe ser tratado con la elaboración de procedimientos y mecanismos alternativos cuando se produzcan estas situaciones.

1.1.3.5 ePrescribing en España

En España se están desarrollando diferentes iniciativas sobre la receta electrónica, aunque no se prevé a corto plazo su implantación generalizada, dada la necesidad de informatización previa de los centros de salud y los importantes costes de inversión en infraestructura que se requieren. Entre los principales aspectos jurídicos que deberán tenerse en cuenta cabe destacar el régimen aplicable a las recetas médicas, el control sobre la autenticidad de su expedición y los aspectos relativos a la privacidad en el uso de datos de carácter personal (Subirà & Pradell de Montagut, 2003).

Actualmente coexisten en España diferentes proyectos o iniciativas para la implantación de sistemas de receta electrónica. No obstante, teniendo en cuenta los importantes costes de inversión en infraestructura, y que la mayoría de Comunidades Autónomas continúan teniendo como asignatura pendiente la informatización de los centros de salud, no se prevé la inminente puesta en marcha de dichos sistemas de receta electrónica (Subirà & Pradell de Montagut, 2003).

De entre los diferentes proyectos destaca el “Proyecto Pista-Sanidad” promovido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT) y cuyo objetivo es la implantación de un sistema de receta electrónica en España, que permita mejorar la calidad asistencial de los pacientes mediante una mejor gestión, calidad y seguridad en el tratamiento de la información de prescripciones y dispensaciones de las recetas médicas. Según la información que el propio MCyT ha puesto a disposición del público, durante el periodo comprendido entre los años 2000 a 2002 se ha desarrollado la segunda fase del proyecto denominada “Proyecto Pista-Sanidad II”, con un presupuesto de 220,4 millones de Euros (Subirà & Pradell de Montagut, 2003).

La normativa vigente en materia de receta médica está orientada a un entorno en el que el documento en soporte papel es pieza fundamental, y no prevé explícitamente la utilización de sistemas de receta electrónica. La Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del medicamento, fija

los principios básicos de la receta médica (art. 85), mientras que el Real Decreto 1910/1984, de 26 de septiembre del Ministerio de Sanidad y Consumo, de receta médica, establece que “la receta médica constará de dos partes: el cuerpo de la receta, destinado al farmacéutico, y el volante para el paciente (...)” (artículo 1) y que “los impresos y talonarios de recetas médicas se confeccionarán con materiales que impidan o dificulten su falsificación (...)”. En cuanto a la forma y contenido de la receta médica, deberá atenderse a los requisitos establecidos en el artículo 7 del referido RD 1910/1984, de entre los que destacan, a los efectos de la normativa sobre firma electrónica (ver punto 3(b) posterior), la inclusión del “nombre y apellido del médico prescriptor (...)” (art. 7.2 a), así como “el lugar, fecha, firma y rúbrica(...)” del médico (art. 7.2 g) “quien las estampará personalmente (...)”(Subirà & Pradell de Montagut, 2003).

Ante las eventuales dificultades de encaje de la receta electrónica en el marco legal actual, y a fin de evitar las incertidumbres jurídicas en este ámbito, sería recomendable la adecuación de la normativa existente al objeto de prever expresamente las particularidades necesarias para el funcionamiento adecuado de sistemas de receta electrónica como son el formato, la identificación de los usuarios del sistema, la conservación, las impresiones, etc. (Subirà & Pradell de Montagut, 2003).

1.1.3.6 ePrescribing en el resto de Europa

El uso de la prescripción electrónica ha sido designado como una importante política estratégica para mejorar la atención sanitaria en Europa. El objetivo de la Unión Europea es tener un sistema de atención sanitaria electrónica transfronteriza que permitirá a los ciudadanos europeos obtener prescripciones en cualquier parte de Europa. Los países escandinavos están liderando la adopción de ePrescribing en Europa. En Estonia las prescripciones electrónicas fueron introducidas en Enero del año 2010 y para mediados del año 2013, el 95% de todas las prescripciones del país eran tratadas electrónicamente (e-Estonia 2013).

Otros países que usan el proceso de la prescripción electrónica son Noruega, Dinamarca, Finlandia, Suecia, Países Bajos, Islandia, Grecia, Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda del Norte. La Unión Europea está presionando para que se produzca un mayor número de intercambio de datos sanitarios entre los países. A pesar de las actitudes favorables hacia la prescripción electrónica transfronteriza, se han percibido ciertas barreras que impiden su incorporación a la práctica clínica. Hay varias interpretaciones e implementaciones acerca de la protección de datos y las leyes de confidencialidad en los 27 estados miembro. Las infraestructuras no están en condición para soportar el sistema y los accionistas en algunas jurisdicciones son reacios a adoptar eHealth debido al alto coste y a la falta de seguridad de los sistemas.

Los estados miembro tienen diferentes grados de política, aplicación de la privacidad y leyes concernientes a la protección de datos, servicios de telecomunicaciones y firma electrónica relacionados con el ePrescribing. La interoperabilidad de los distintos sistemas sólo es una solución parcial. La seguridad y el cumplimiento de la privacidad deben aplicarse por igual (Kierkegaard, 2013).

1.1.4 Telemedicina

Como se comentó anteriormente, la telemedicina es el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones para llevar a cabo tratamientos médicos a distancia, entre los que se incluye la telemonitorización de pacientes. La telemedicina ayuda a eliminar las barreras de la distancia y puede mejorar el acceso a servicios médicos en sitios en los que no están constantemente

disponibles, como por ejemplo en comunidades rurales distantes. La telemedicina también es usada para salvar vidas en situaciones de atención crítica o emergencia.

Aunque ha habido precursores distantes a la telemedicina, es esencialmente un producto de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones del siglo 20. Estas tecnologías permiten la comunicación entre los pacientes y el personal médico con comodidad y fidelidad, así como la transmisión de datos médicos e imágenes de un sitio a otro (Sachpazidis, 2008).

Los primeros métodos de telemedicina mediante el uso del teléfono y la radio se han complementado con las video llamadas, los métodos de diagnóstico avanzado soportados por aplicaciones distribuidas y adicionalmente con dispositivos de telemedicina que permiten la asistencia en el hogar (Sachpazidis, 2008).

1.1.4.1 Tipos de Telemedicina

Existen diferentes tipos de Telemedicina que se expondrán a continuación:

- **Teleneuropsicología:** Es la aplicación de las tecnologías basadas en la telemedicina aplicadas a los servicios de la neuropsicología. Estos servicios incluyen la consulta neuropsicológica a distancia y asesoramiento, donde los pacientes con deterioros cognitivos conocidos son evaluados usando los procedimientos de evaluación neuropsicológica estándar administrados a través de una video teleconferencia (VTC). Los estudios iniciales apoyan la viabilidad y fiabilidad de este método de evaluación cuando se usan una serie de pruebas neuropsicologías estándar de orientación, atención, memoria, lenguaje y habilidades espaciales en adultos con o sin discapacidad cognitiva. La investigación comparando los resultados del VTC con las pruebas tradicionales neuropsicológicas cara a cara sugieren una buena fiabilidad en la mayoría de los tests estudiados hasta la fecha, aunque la administración remota de ciertas medidas que requerían de la manipulación no verbal pueden requerir modificaciones procedimentales que pueden tener impacto en los resultados de los tests y en las interpretaciones clínicas. Aunque resulta prometedor, se requieren estudios adicionales con más medidas neuropsicológicas in diferentes poblaciones para documentar con más rigor la validez de este método de evaluación.
- **Teleenfermería:** Es la aplicación de las tecnologías basadas en la telemedicina aplicadas a los servicios de enfermería. Tiene muchos puntos de contacto con otras aplicaciones tanto médicas como no médicas como la telediagnosís, la teleconsulta, la telemonitorización, etc. La teleenfermería está logrando unas tasas de crecimiento significantes en muchos países debido a diversos factores entre los que se encuentran la preocupación por reducir el coste de la asistencia sanitaria, el incremento de población envejecida y con enfermedades crónicas y el incremento de la cobertura sanitaria en localidades rurales remotas y lejanas. Entre los beneficios de la teleenfermería podemos destacar que puede ayudar a solventar la creciente escasez de enfermeras, reducir distancias y ahorrar el tiempo de viaje, y mantener a los pacientes fuera del hospital.
- **Telefarmacia:** Es la aplicación de las tecnologías basadas en la telemedicina aplicadas a los servicios farmacéuticos en localidades donde sus habitantes no tienen contacto directo con un farmacéutico. Los servicios de telefarmacia incluyen la monitorización de medicamentos, asesoramiento a los pacientes, autorización previa y autorización para la renovación de medicamentos recetados. Los servicios de la telefarmacia pueden ofrecerse a través de las propias farmacias o de los hospitales, residencias de ancianos u otras instalaciones de atención médica (Angaran, 1999).

- **Telerehabilitación:** Es la aplicación de las tecnologías basadas en la telemedicina aplicadas a los servicios de rehabilitación. Los servicios de telerehabilitación se agrupan en dos categorías, asesoramiento clínico de pacientes y terapia clínica. Algunos de los campos de rehabilitación que han usado la telerehabilitación son la neuropsicología, patología del lenguaje hablado, audiolología, terapia ocupacional y terapia física. La telerehabilitación puede ofrecer terapia a pacientes que no pueden desplazarse a una clínica ya sea por alguna discapacidad o por impedimento geográfico.
- **Teletrauma:** la telemedicina puede utilizarse para mejorar la eficiencia y efectividad de la atención sanitaria en entornos de trauma. Un ejemplo sería el triaje de trauma, en el que, usando la telemedicina, los especialistas de trauma pueden interactuar con el personal en una situación con multitud de víctimas o una situación de desastre, a través de internet usando dispositivos móviles, para determinar la gravedad de las lesiones. Puede proporcionar asesoramiento clínico y determinar si las personas heridas necesitan ser evacuados para ser tratados. Los especialistas de trauma a distancia pueden proporcionar la misma calidad de asesoramiento clínico que un especialista que esté físicamente con el paciente (Collins, 2008).
- **Cirugía a distancia:** la cirugía a distancia o telecirugía es la realización de procedimientos de cirugía cuando el cirujano no se encuentra físicamente en la misma localización que el paciente, usando un sistema teleoperador robótico controlado por el cirujano. La cirugía a distancia combina elementos de robótica y conexión de datos de alta velocidad. Un factor crítico limitante es la velocidad, la latencia y la fiabilidad de los sistemas de comunicación entre el cirujano y el paciente, aunque se han demostrado cirugías transatlánticas.
- **Telepsiquiatría:** Es la aplicación de la telemedicina al campo de la psiquiatría. El término normalmente describe la oferta de asesoramiento psiquiátrico y cuidado a través de tecnologías de telecomunicaciones, siendo la más común la videoconferencia (American Psychiatric Association, 2015). Ofrece un amplio rango de servicios tanto a los pacientes como a los especialistas, como por ejemplo la consulta entre psiquiatras, programas clínicos educacionales, diagnóstico y asesoramiento, gestión de la medicación y reuniones de rutinas de seguimiento (Hoffman, 2011).
- **Teleradiología:** Es la capacidad de mandar imágenes radiográficas de un sitio a otro. Para que este proceso pueda ser implementado se requiere de los siguientes componentes esenciales, una estación de envío de imágenes, una red de transmisión y una estación de recepción de imágenes. La implementación más común es la de dos ordenadores conectados vía internet. El ordenador en el extremo receptor debe tener una pantalla de alta calidad que haya sido probada y aprobada para fines clínicos. En ocasiones el ordenador receptor tiene una impresora para que las imágenes puedan ser imprimidas si se necesita. La teleradiología es el tipo de telemedicina más usado en la actualidad y cuenta con 50% del uso de toda la telemedicina en general.
- **Telepatología:** es la práctica de la patología a distancia. Usa la tecnología de las telecomunicaciones para facilitar la transferencia de datos patológicos entre localidades distantes con fines de diagnóstico, educación e investigación. La realización de la telepatología requiere que el patólogo seleccione las video imágenes para el análisis y el diagnóstico de representación. El uso del microscopio con televisión, el precursor de la telepatología, no requería que el patólogo estuviera presente a la hora de hacer un análisis o diagnóstico (Kumar, 2009).
- **Teledermatología:** Es la aplicación de las tecnologías basadas en la telemedicina aplicadas a los servicios de la dermatología. En dermatología, estas tecnologías se usan para intercambiar información médica, concerniente a problemas de piel y

tumores en la piel, a través de la distancia. La teledermatología puede reducir los tiempos de espera permitiendo a los dermatólogos tratar enfermedades menores online, mientras que a las enfermedades más graves que requieren de una atención inmediata se les da prioridad para las citas. Las aplicaciones constan de gestión de la atención sanitaria como el diagnóstico, la consulta, el tratamiento y la educación (AHRQ, 2011).

- Teleodontología: Es la aplicación de las tecnologías basadas en la telemedicina aplicadas a los servicios de cuidado dental, consulta, educación, y concienciación pública. La teleodontología puede ser usada para ayudar a los dentistas con trabajos especiales y mejorar los servicios en poblaciones rurales o áreas menos desarrolladas (Clark, 2000).
- Teleaudiología: Es la utilización de la telemedicina para proporcionar servicios audiológicos y puede incluir todo el ámbito de la práctica audiológica. Este término fue utilizado por primera vez por el doctor Gregg Givens en 1999 en referencia a un sistema que estaba siendo desarrollado en la East Carolina University en Carolina de Norte, Estados Unidos. El primer test audiológico por internet fue llevado a cabo en el año 2000 por los doctores Givens, Balch y Keller. El primer test de teleaudiología transatlántico fue llevado a cabo en Abril del año 2009 cuando el doctor Hames Hall hizo unas pruebas a un paciente de Sudáfrica desde Dallas (Swanepoel, 2009).
- Teleoftalmología: Es una rama de la telemedicina que proporciona atención médica para los ojos a través de equipamiento médico digital y tecnología de telecomunicaciones. Hoy en día, las aplicaciones de teleoftalmología abarcan el acceso a especialistas de los ojos para los pacientes en áreas remotas, detección de enfermedades oftalmológicas, diagnóstico y seguimiento, así como aprendizaje a distancia. La teleoftalmología permite a los profesionales de la salud realizar imágenes oculares y atender a pacientes que tengan acceso limitado a la atención sanitaria ocular. Estas imágenes permiten al oftalmólogo llevar a cabo las ya mencionadas aplicaciones. El equipamiento requerido incluye una cámara capaz de tomar fotografías oculares y un ordenador con conexión por el que transferir las imágenes. Ha habido un incremento significativo en la investigación teleoftalmológica durante la última década, sin embargo, los estándares de intercambio de información, la seguridad de los datos, cuestiones de seguridad y el coste del equipamiento son de los mayores desafíos a la hora de implantar la teleoftalmología (Goldschmidt, 2012).

1.1.5 mHealth

Es una abreviatura de mobile health, en castellano, salud móvil, y es un término usado para la práctica de la medicina y salud pública usando dispositivos móviles. Se trata de la intersección entre eHealth y la tecnología de los Smartphones. La cobertura de mHealth incluye la adquisición, manipulación, clasificación y transmisión de información relacionada con la salud. El link extremo a extremo usado para la transmisión de información sobre la salud normalmente se inicia con el uso de sensores biomédicos que lleve el paciente en su cuerpo. En los escenarios comunes, la información sensorial es recogida por dispositivos portátiles con aplicaciones concretas ejecutándose en ellos. Toda la información es transmitida de forma inalámbrica y por la nube. Diversas partes interesadas en la nube, como por ejemplo doctores, laboratorios médicos, seguros o bases de datos médicas pueden encontrarse en los extremos de recepción de las redes de transmisión de datos (Adibi, 2015).

Las aplicaciones de mHealth incluyen el uso dispositivos móviles para recoger los datos de salud de los pacientes, proporcionar información acerca de la asistencia sanitaria a los médicos,

investigadores y pacientes, monitorización en tiempo real de los signos vitales de los pacientes y la prestación directa de cuidados a través de la telemedicina (Germanakos et al., 2005).

A pesar de que mHealth tiene aplicación especialmente en los países industrializados, este campo ha emergido en los últimos años como aplicación en los países en desarrollo a raíz del rápido surgimiento de la telefonía móvil en los países con bajos ingresos. De esta manera, mHealth surge como un método de proporcionar un mayor acceso sanitario a grandes segmentos de población en los países en desarrollo, así como mejorar la capacidad de los sistemas sanitarios en dichos países para proporcionar una atención sanitaria de calidad (Adibi, 2014).

Entre los objetivos principales de mHealth se encuentra el aumento en el acceso de la atención sanitaria y la información relacionada con la salud, la mejora en la capacidad de diagnosticar enfermedades y el seguimiento de las mismas, información pública de la salud más precisa y un mayor acceso a la educación médica y al entrenamiento de los trabajadores sanitarios (Adibi, 2014).

Según un estudio realizado para Berg Insight, cerca de 2,8 millones de pacientes en todo el mundo usaban servicios de monitorización en casa con equipamiento con conectividad integrada a finales de 2012. La cifra no incluía pacientes que usaban equipos de monitorización conectados a un ordenador personal o a un teléfono móvil, si no que únicamente incluía sistemas que requirieran monitores con conectividad integrada o sistemas que usaran hubs de monitorización con conectividad móvil o módems de línea fija. Dicho estudio preveía que el número de sistemas de monitorización en el hogar con capacidades de comunicación integradas crecería con una tasa de crecimiento anual del 26,9 por ciento entre 2011 y 2017 alcanzando así 9,4 millones de conexiones globales para el final del periodo previsto. El número de dispositivos con conectividad móvil integrada ha aumentado de 0,73 millones en el año 2011 acerca de 1,03 millones en 2012 y se prevé que se llegue a los 7,10 millones de dispositivos en el año 2017 (Fagerberg & Kurkinen, 2010).

Según el mismo estudio, numerosas compañías han desarrollado soluciones integradas para la monitorización de múltiples enfermedades crónicas y otras enfermedades. Las seis empresas pioneras proveedoras de sistemas de medicina móvil incluyen a las grandes empresas tecnológicas y de electricidad Bosch, Honeywell and Philips, así como otras empresas más pequeñas como son Tunstall, Cardiocom and Numera. Estas seis empresas juntas suman el 75,8 por ciento de la base instalada de hubs de telesalud. Los principales segmentos de mercado para dispositivos médicos con conectividad integrada son el seguimiento de ritmo cardiaco, la terapia de sueño y la monitorización electrocardiográfica. Además, la conectividad está ganando impulso en otros segmentos como la monitorización de la presión sanguínea, monitorización de los niveles de glucosa y fidelidad de la medicación. En estos segmentos, fabricantes como Medtronic, Biotronik, St. Jude Medical, CardioNet, LifeWatch, ResMed, Philips Respironics, Fisher & Paykel Healthcare, Omron, Telcare, Vitality, DayaMed y Vitaphone venden dispositivos con conectividad inalámbrica. Los dispositivos de gestión de ritmo cardiaco es el mayor segmento de todos los mencionados anteriormente, con un 65 por ciento de pacientes monitorizados remotamente. Sin embargo, el número de dispositivos de terapia de sueño conectados está aumentando a un buen ritmo y se espera que constituya el segmento más grande de dispositivos médicos conectados para 2017 (Fagerberg & Kurkinen, 2010).

Las mayores empresas de telecomunicaciones como Qualcomm, AT&T y Orange han estado durante años dedicándose al tema del mHealth. Han realizado una exploración continua y experimentado con proyectos piloto, lo que les ha permitido desarrollar capacidades específicas para la industria mientras ideaban sus estrategias a largo plazo. Los esfuerzos se materializan ahora con el lanzamiento de plataformas de mHealth que pueden ser aprovechadas por los distribuidores de dispositivos médicos, organizaciones de atención sanitaria y desarrolladores de aplicaciones de mHealth. Además de la comunicación inalámbrica, las plataformas mHealth a menudo constan de alojamiento de alta seguridad, capacidades de gestión de dispositivos remotos y herramientas integradas para conectarse con dispositivos médicos (Fagerberg & Kurkinen, 2010).

1.1.5.1 Motivación de mHealth

mHealth es un aspecto de eHealth que está llevando al límite como conseguir, transportar, almacenar, procesar y asegurar los datos para ofrecer resultados significativos. mHealth ofrece la capacidad de que individuos remotos participen en la asistencia sanitaria, lo cual no era posible en el pasado. La participación no sólo implica el uso de servicios de atención sanitaria. En muchos casos, los usuarios remotos son valiosos contribuyentes para recolectar datos concernientes a enfermedades y salud pública como la polución en las ciudades, las drogas o la violencia.

La motivación detrás del desarrollo de mHealth surge de dos factores. El primero de los factores se refiere a las miles de limitaciones que sufren los sistemas de atención sanitaria en los países en desarrollo. Estas limitaciones incluye el elevado crecimiento demográfico, una alta carga en el predominio de enfermedades, mano de obra sanitaria reducida, un gran número de habitantes rurales y recursos financieros limitados para soportar la infraestructura sanitaria y los sistemas de salud. El segundo factor es la creciente introducción de los teléfonos móviles en los países en desarrollo a grandes segmentos de mano de obra sanitaria y a parte de la población. Con un mayor acceso a los teléfonos móviles a todos los segmentos de un país, incluyendo las áreas rurales, mejorarían los costes de transacción con el fin de proporcionar atención sanitaria en el país (OMS, 2004).

La combinación de estos dos factores ha motivado mucha discusión sobre como un mayor acceso a la tecnología de la telefonía móvil se puede aprovechar para mitigar las numerosas presiones encontradas por los sistemas de atención sanitaria de los países en desarrollo.

1.1.5.2 Tecnología y Mercado

Desde la invención del Smartphone, las posibilidades de uso de estos dispositivos han ido en aumento. Con la posibilidad de estar conectado a internet en prácticamente cualquier parte del mundo, los dispositivos móviles se han convertido en uno de los mejores utensilios de comunicación y transferencia de datos, por lo que son ideales para realizar seguimientos médicos a distancia y luego transferir los datos para su estudio y tratar a los pacientes.

El atractivo de las tecnologías de comunicación móvil es que permiten la comunicación en movimiento, permitiendo a los usuarios con otros independientemente del tiempo o lugar. Esto es particularmente beneficioso para trabajar en áreas remotas donde los teléfonos móviles y el aumento de la infraestructura inalámbrica están permitiendo alcanzar a más gente más rápidamente. Como resultado de estos avances tecnológicos, la capacidad de mejorar el acceso a la información y la comunicación bidireccional se hace más disponible cuando se necesita.

Hoy en día, un gran número de médicos y otros trabajadores de la atención sanitaria hacen uso de los Smartphones en países pobres. Gracias al rápido desarrollo que han tenido los Smartphones se han abierto muchas puertas para eHealth y por lo tanto para mHealth, consiguiendo hacer uso de todas las funcionalidades de estos dispositivos para la medición, monitorización y el tratamiento de enfermedades.

Sin duda el Smartphone es el dispositivo más usado en lo concerniente a la salud móvil gracias a su movilidad, conectividad y sobre todo a su amplia extensión y la gran variedad de dispositivos disponibles en el mercado, sin embargo, hay otras tecnologías mHealth a parte del Smartphone como son (Adibi, 2015):

- Dispositivos de monitorización de los pacientes.
- Dispositivos de telemedicina móviles.
- Reproductores MP3 para mLearning.

- Microordenadores.
- Software de recolección de datos.
- Tecnología para sistemas operativos móviles.
- Aplicaciones móviles.

1.1.5.3 mHealth y resultados de la salud

El campo de mHealth opera bajo la premisa de que la integración tecnológica en el sector de la salud tiene el gran potencial de proporcionar una mejor comunicación sanitaria para conseguir estilos de vida saludables, mejorar la toma de decisiones por los profesionales de la salud y aumentar la calidad de la atención sanitaria mejorando el acceso a la información médica y facilitando comunicación instantánea en lugares donde esto antes no era posible (OMS, 2006).

De ello se desprende que el incremento en el uso de la tecnología puede ayudar a reducir los costes de la atención sanitaria mediante la mejora de la eficiencia en el sistema de atención sanitaria y promoviendo la prevención a través de la Comunicación de Cambio de Comportamiento (Behaviour Change Communication, BCC). El campo de mHealth también alberga la idea de que existe un poderoso potencial para avanzar en el cuidado clínico y los servicios de salud pública facilitando la práctica profesional de la salud y la comunicación y reducir las disparidades mediante el uso de tecnología móvil.

El crecimiento de las aplicaciones relacionadas con la salud y la disponibilidad de los dispositivos móviles impulsa el crecimiento de mHealth. En 2010, tan sólo había disponibles cerca de 4000 aplicaciones relacionadas con el tema de la salud, y ahora hay más de 20000 aplicaciones disponibles para dispositivos móviles. Los ingresos por los servicios de monitorización a distancia de los pacientes que usan redes móviles aumentaron a 1,9 billones de dólares americanos en 2014 de acuerdo con un informe de Juniper Research.

Los esfuerzos están en curso para explorar cómo un amplio rango de tecnologías pueden mejorar los resultados de salud y a la vez generar un ahorro en los costes de los sistemas de salud en los países en desarrollo. En cierto modo, el potencial de mHealth reside en su capacidad de ofrecer oportunidades para tener comunicación directa por voz, lo cual es especialmente útil en las áreas donde los pacientes no saben leer, y capacidades de transferencia de información que las tecnologías anteriores no tenían. En general, las tecnologías de comunicación móvil son herramientas que pueden ser aprovechadas para apoyar flujos de trabajo existentes en el sector sanitario, así como entre el sector sanitario y el público en general (Malhotra, et al., 2005).

Dentro del espacio de mHealth, los proyectos operan con una variedad de objetivos, según lo declarado en un informe acerca del desarrollo de mHealth realizado por la fundación de la Naciones Unidas y la fundación Vodafone (United Nations & Vodafone Foundation, 2009):

- Aumento del acceso a la atención sanitaria y a la información relacionada con la salud, especialmente por poblaciones aisladas.
- Aumento de la capacidad de diagnóstico y localización de enfermedades.
- Información pública de salud más precisa.
- Expansión del acceso a la educación médica y al entrenamiento para los trabajadores de la sanidad.

1.1.5.4 Aplicaciones en el campo de la mHealth

Aunque existen otras aplicaciones, en el informe realizado por la fundación de la Naciones Unidas y la fundación Vodafone se presentan siete categorías de aplicaciones en el campo de mHealth (United Nations & Vodafone Foundation, 2009):

- Educación y sensibilización: Los programas de educación y sensibilización de mHealth se centran en expandir información en masa desde la fuente al destinatario a través de mensajes de texto. Estos mensajes son enviados directamente a los usuarios para ofrecer información acerca de varios temas, incluyendo métodos de pruebas y tratamiento, disponibilidad de los servicios sanitarios y gestión de enfermedades.
- Líneas de ayuda: Típicamente consisten en un número de teléfono al que cualquier persona puede llamar para acceder a un gran rango de servicios médicos. Estos servicios incluyen consultas telefónicas, asesoramiento, servicio de quejas e información sobre las instalaciones, medicamentos y equipamiento.
- Apoyo para el diagnóstico y tratamiento: estos sistemas están típicamente designados para dar consejo sobre el diagnóstico y el tratamiento de los pacientes a los trabajadores sanitarios en áreas remotas. Mientras que algunos proyectos pueden ofrecer aplicaciones móviles, como sistemas en árbol de decisión paso a paso, otros proyectos proporcionan un diagnóstico directo a los propios pacientes.
- Comunicación y entrenamiento para los trabajadores sanitarios.
- Seguimiento de enfermedades y brotes epidémicos: Los proyectos en esta área operan para utilizar la capacidad de los móviles de recoger y transmitir rápidamente los datos. Los datos relativos a la localización y los niveles de enfermedades específicas pueden ayudar a los sistemas médicos u otras organizaciones a identificar brotes epidémicos y enfocar mejor los recursos médicos en zonas de gran necesidad. Dichos proyectos pueden ser de gran ayuda durante emergencias, con el fin de identificar donde se encuentran las mayores necesidades médicas en ese momento.
- Monitorización remota: La monitorización remota permite una mayor involucración en el cuidado continuo de los pacientes. En entornos con recursos y camas limitadas, la monitorización remota permite que los trabajadores sanitarios sigan mejor la evolución de los pacientes. La monitorización remota ha sido utilizada especialmente en entornos de enfermedades como el VIH o la diabetes.
- Recopilación de datos remota.

1.1.5.5 mLearning

mLearning, o aprendizaje móvil, en inglés mobile learning, se define como “el aprendizaje a través de múltiples contextos, mediante interacciones sociales y de contenido, usando dispositivos electrónicos personales. Como una forma de educación a distancia, los alumnos usan dispositivos móviles de tecnología educacional en el tiempo de su conveniencia (Crompton, 2013).

Las tecnologías de mLearning incluyen ordenadores portátiles, reproductores MP3, notebooks, teléfonos móviles y tablets. mLearning se centra en la movilidad del alumno, que interactúa con tecnologías portables. El uso de herramientas móviles para crear ayudas para el aprendizaje y materiales se convierte en una parte importante del aprendizaje informal (Trentin & Repetto, 2013).

mLearning es conveniente en que es accesible virtualmente desde cualquier lugar. La compartición de información es prácticamente instantánea entre todos aquellos usando el mismo contenido, lo que lleva a la recepción de críticas positivas instantáneas y de ayudas. Este proceso ha sido demostrado de gran ayuda en la mejora de las notas de los exámenes y de mejora de las tasas de abandono escolar en los campos técnicos. mLearning además otorga una gran portabilidad a la hora de reemplazar libros y notas con pequeños dispositivos, junto con contenido de aprendizaje a medida (Saylor, 2012).

Los tutores que han participado en los programas y técnicas de mLearning han realizado las siguientes declaraciones a favor del mismo (Savil-Smith et al., 2006):

- Es importante llevar nueva tecnología a las clases.
- Los dispositivos móviles son más ligeros que los libros y los ordenadores.
- El aprendizaje móvil puede ser usado para diversificar los tipos de actividades de aprendizaje en las que participan los estudiantes.
- El aprendizaje móvil es compatible con el proceso de aprendizaje.
- El aprendizaje móvil puede ser útil como una herramienta para los estudiantes con necesidades especiales.

Entre los beneficios de mLearning podemos encontrar los siguientes (Savil-Smith et al., 2006):

- El coste de los dispositivos móviles es significativamente menor que el de ordenadores y portátiles.
- Entrega de contenido multimedia y creación de opciones.
- Apoyo continuo al aprendizaje.
- Decremento en los costes de entrenamiento.
- Se consigue una experiencia de aprendizaje más gratificante.
- Nuevas oportunidades para las instituciones de educación tradicional.

1.1.6 Cibermedicina

La cibermedicina consiste en hacer uso de Internet para proporcionar servicios médicos, tales como consultas médicas o prescripción de medicamentos. La cibermedicina es la sucesora de la telemedicina.

La cibermedicina ya está siendo usada en pequeños proyectos donde las imágenes son transmitidas desde un centro hospitalario a un medio especialista, que comenta el caso y sugiere que intervención puede ser beneficiosa para el paciente. Un campo que se presta a este enfoque es la dermatología, donde las imágenes de una erupción cutánea se muestran a un médico especialista que determina que tratamiento es necesario.

Un ciberdoctor, es un médico profesional que hace consultas a través de Internet tratando a pacientes virtuales, a los que puede que nunca se encuentre cara a cara. Esta es una nueva área de medicina que ha sido utilizada por las fuerzas armadas y los hospitales clínicos ofreciendo consultas online a los pacientes antes de tomar la decisión de viajar para recibir tratamiento médico ofrecido por un centro médico concreto (Patrick, 2000).

1.1.7 Seguridad en eHealth

Con el aumento del uso de eHealth las dudas generadas en torno a los programas y aplicaciones de la eHealth y la seguridad de las mismas son lógicas. Por este motivo, científicos del Grupo de Telemedicina y eSalud de la Universidad de Valladolid han realizado un estudio para revisar los

problemas de seguridad y proponer recomendaciones a los desarrolladores de este tipo de aplicaciones.

Actualmente la difusión de muchas aplicaciones se realiza sin asegurar un control estricto de los datos personales. Éste debe ser el primer paso que deben realizar los desarrolladores: asegurar que el acceso sólo pueda realizarse por parte del paciente, y no por parte de posibles intrusos o terceras compañías que quieran aprovecharse de los datos de los pacientes con distintos fines que no sean el tema de la salud. Para ello, los científicos piden unos pasos mínimos en la autenticación, como por ejemplo, que pueda ligarse a la infraestructura pública RSA (Rivest, Shamir y Adleman). Además, la seguridad, confidencialidad e integridad deben ser máximas, proponiendo en este sentido el uso del estándar de AES (Advanced Encryption Standard).

Por otro lado, los investigadores han propuesto el protocolo criptográfico TLS (Transport Layer Security) con métodos de encriptación de 128 bits o redes privadas virtuales para controlar la transferencia de datos, ofreciendo también a los pacientes políticas de privacidad claras sobre el uso de estas aplicaciones.

La comunicación con sensores corporales, la retención de datos, la cual debe de ser mínima guardando únicamente la información necesaria y las alertas en los fallos de seguridad son otros temas abordados por estos científicos que pueden mejorar la seguridad de estas aplicaciones. La eHealth tiene ante sí un enorme potencial, pero su futuro dependerá del control de la seguridad de estos servicios.

En Estados Unidos, la ONC (Office of the National Coordinator) está preocupada por el tema de la seguridad en eHealth. Afirma que si el sistema no se diseña y se usa de forma correcta, puede introducir nuevos riesgos de daño. La ONC está tomando acciones para garantizar la seguridad del paciente, tal y como lo describen en el plan "Health IT Patient Safety Action and Surveillance Plan". Esto lo están llevando a cabo mejorando el uso seguro de eHealth, aprendiendo más acerca del impacto de eHealth en la seguridad del paciente, y liderando para crear una cultura de responsabilidad compartida entre todos los usuarios de eHealth (Health IT, 2014).

La ONC está creando recursos para mejorar la seguridad tanto de eHealth como de los pacientes mediante la creación de guías de seguridad. Estas guías, llamadas SAFER Guides, están diseñadas para ayudar a las organizaciones de asistencia médica a llevar a cabo autoevaluaciones para optimizar la seguridad y el uso seguro de los Historiales de Salud Electrónicos. Estas guías fueron desarrolladas basándose en la mejor evidencia disponible, incluyendo una revista literaria, la opinión de expertos, y pruebas de campo, en un amplio rango de organizaciones de asistencia médica, desde pequeños ambulatorios a grandes instituciones de salud. Cada una de las 9 guías disponibles comienza con una lista de comprobación de prácticas recomendadas (Health IT, 2014).

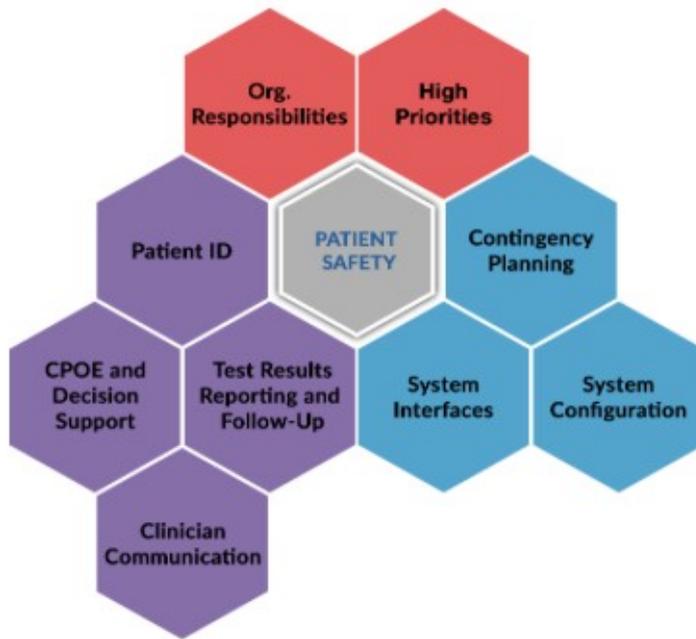


Figura 1.1 Diagrama de la seguridad de los pacientes según la ONC.

Comunicación con el médico clínico (Clinician Communication)

- Los médicos clínicos pueden acceder electrónicamente a la información actual del paciente e información de contacto de otros médicos, como la dirección de correo electrónico, números de teléfono y fax, entre otros. También pueden identificar que médicos están involucrados en el tratamiento del paciente.
- Tanto el diseño como la política organizativa del EHR facilitan la identificación de los médicos que son responsables de la acción o seguimiento en respuesta a un mensaje.

Plan de Contingencias (Contingency Planning)

- El personal está capacitado y probado en los procedimientos de tiempo de descanso y recuperación.
- Los datos del paciente y las configuraciones de las aplicaciones software críticas para las operaciones de las organizaciones son actualizadas regularmente.

Computerized Physician Order Entry (CPOE) y CDS

- Los conjuntos de pedidos basados en la evidencia están disponibles en el EHR para tareas comunes y son actualizados regularmente.
- Las órdenes consecuentes se sugieren automáticamente cuando es apropiado y las órdenes están unidas entre sí, para que los cambios queden reflejados cuando la orden original sea reprogramada, renovada o discontinuada.

Altas Prioridades (High Priorities)

- La información requerida para identificar de forma precisa a los pacientes se muestra de forma clara en pantallas e impresos.
- Los médicos clínicos pueden ignorar intervenciones clínicas generadas por ordenador cuando lo estimen oportuno.

Responsabilidad Organizacional (Organizational Responsibility)

- Los mecanismos de comunicación garantizan que los usuarios de EHR aprendan sobre el

mismo de manera rápida, y que sean capaces de aportar opiniones en asuntos relacionados con la seguridad.

- Los responsables de más alto nivel, como la junta directiva o los dueños de centros de salud se comprometen a promover una cultura de seguridad que incorpore la seguridad y el correcto uso de los EHR

Identificación de Pacientes (Patient ID)

- Los usuarios son alertados cuando intentan crear un nuevo historial para un paciente, o buscar a un paciente, cuyo nombre y apellidos sean iguales a los de otro paciente.
- La organización tiene un proceso con el cual se asignan temporalmente ID de paciente únicas, que posteriormente se convertirá en una ID permanente, en el caso de que el sistema de registro de pacientes no esté disponible.

Configuración del Sistema (System Configuration)

- El EHR está configurado de manera que asegure que los usuarios estén trabajando en la versión “en vivo”, y no la confundan con las versiones de entrenamiento, prueba o las copias de seguridad de solo lectura.
- La organización tiene procesos y métodos con el fin de monitorizar los efectos de los ajustes de configuración clave para asegurar que están funcionando tal y como deberían.

Interfaces del Sistema (System Interfaces)

- En el momento en el que cualquier cambio importante o actualización del sistema afecta a la interfaz, la organización implementa procedimientos para evaluar si los usuarios de ambos lados de la interfaz entienden y usan correctamente la información que se muestra en la interfaz.
- Los procedimientos de seguridad, incluyendo el acceso basado en roles, son establecidos para la gestión y la monitorización de aspectos clave de la interfaz y el intercambio de datos.

Revisión de los resultados de las pruebas y seguimiento

- Las políticas escritas especifican la responsabilidad inequívoca para el seguimiento de los resultados de las pruebas con un entendimiento compartido de esa responsabilidad entre todos los involucrados en proveer la atención de seguimiento.
- El EHR permite al clínico de establecer recordatorios para futuras tareas para facilitar el seguimiento de los resultados de las pruebas.

Capítulo 2: Tecnologías

El desarrollo de los dispositivos móviles ha crecido de una manera vertiginosa durante los últimos 20 años. La fuerte inversión por parte de las principales compañías del sector ha hecho que los avances y las mejoras se hayan dado de una manera continuada durante este periodo de tiempo. El sector de las tablets se encuentra ligado intrínsecamente a este crecimiento, ya que, en cierto modo, la *tablet* ha sido una evolución del teléfono móvil, permitiendo la creación y visualización de contenido de una manera más práctica gracias al gran tamaño de sus pantallas.

El objetivo de este capítulo es estudiar las distintas posibilidades que nos ofrece el mercado actual para lograr la implementación de la aplicación sobre la cual está basada este proyecto, es decir, una aplicación para la rehabilitación de personas con déficit cognitivo mediante el uso de una *tablet*.

2.1 Introducción

Pero, ¿quién inventó realmente la *tablet* y el concepto de la misma? ¿Fue Apple allá por el año 2010 con la presentación de su iPad? Si realmente queremos saber de dónde procede este invento que lleva relativamente poco entre nosotros tenemos que remontarnos a los años 60, concretamente a 1968, cuando se dejó ver por primera vez la primera *tablet*. Aquel año, un escritor y científico británico llamado Arthur C. Clarke escribió la novela “2001: Una odisea en el espacio”. En paralelo, participó en el guión de la película homónima junto al director Stanley Kubrick. En esta película, la cual es considerada un icono del cine de ciencia ficción, el gobierno norteamericano envía la nave espacial, la *Discovery 1*, en un largo viaje hacia Júpiter. Un tripulante, mientras come, mira las telenoticias a través de una *tablet* que tiene encima de la mesa.

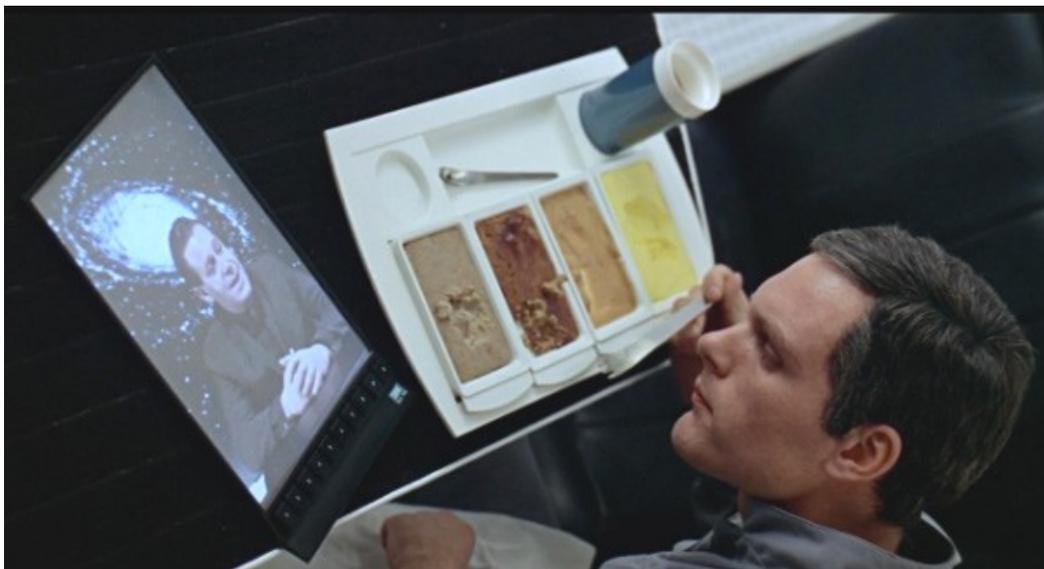


Figura 2.1 Escena de la película 2001: Una odisea en espacio.

El concepto de *tablet* también apareció en la conocida serie de televisión “Star Trek”. En ella podemos ver como los tripulantes de la nave Enterprise interactúan con un dispositivo con pantalla de grandes dimensiones.



Figura 2.2 Escena de la serie de televisión Star Trek.

Fuera ya de la ciencia ficción, es cierto que ha habido *tablets* mucho antes de la aparición del iPad, sin embargo, estos dispositivos nunca llegaron a obtener grandes resultados debido a su escasa funcionalidad y a los elevados precios de comercialización que tenían.

Una de las *tablets* más innovadoras fue la *Stylistic 2300* de *Fujitsu*, comercializada en el año 1998, y que a diferencia de sus predecesoras, esta contaba por primera vez con una pantalla táctil a color. Esta tablet disponía de un lápiz para la pantalla táctil y venía con los sistemas operativos Windows 95, 98 o NT.



Figura 2.3 Tablet Stylistic 2300.

Con el paso del tiempo los dispositivos fueron mejorando, sin embargo, no fue hasta 2010, tras la introducción del iPad, cuando estos dispositivos empezaron a ser atractivos para los usuarios y se han ido poniendo de moda durante estos 5 años, habiendo en la actualidad infinidad de modelos diferentes de distintas compañías.



Figura 2.4 iPad Air de Apple.

Con la aparición del iPad y su indudable éxito, el resto de compañías del ámbito tecnológico como Google o Microsoft también apostaron por la incursión en este sector con sus propias *tablets*, las *Nexus* de Google, y la *Surface* de Microsoft. Actualmente estas tres compañías son las más importantes en el ámbito de las *tablets*, cada una de ellas con sus diferentes dispositivos y por supuesto, distintos sistemas operativos, cada uno de ellos ofreciendo distintas experiencias de usuario y distintas funcionalidades. Apple con iOS, Google con Android, y Microsoft con Windows ofrecen a los usuarios una alta gama de productos entre los que elegir cual se acerca más a la hora de satisfacer sus necesidades.

El futuro es incierto y nadie puede saber cuál de los tres gigantes se hará con la hegemonía del mercado de las *tablets*. Si bien es cierto que la gran batalla entre sistemas operativos para *tablets* está siendo librada principalmente por Apple con iOS y Google con Android, en los últimos dos años Microsoft también quiso meterse en esta lucha con la incursión de sus *tablets* Surface.

El sistema operativo de Apple se caracteriza por estar disponible para muy pocos terminales, ya sean estos teléfonos móviles o *tablets*. Además, estos terminales son fabricados por la propia compañía, con lo que las posibilidades de optimización de las aplicaciones desarrolladas para iOS son en principio mejores. Android por su parte se caracteriza por la versatilidad y por la fragmentación que sufren todos los dispositivos que utilizan alguna de las versiones del sistema operativo. En contraposición a iOS, muy diversas compañías pueden diseñar sus propios teléfonos y *tablets* funcionando bajo Android. Este hecho, que puede ser considerado una ventaja a simple vista, tiene que ser analizado teniendo en cuenta que la gran diversidad de terminales y la continua aparición de nuevas versiones de Android ha hecho que muchos dispositivos se hayan quedado obsoletos y funcionen bajo versiones de Android anteriores a la actual, lo cual es una gran desventaja a la hora de desarrollar aplicaciones para el sistema operativo de Google, ya que la optimización de las mismas será más complicada, o incluso, no podría funcionar en según qué dispositivos.

A continuación se va a proceder a hablar detalladamente de los dos principales sistemas operativos para dispositivos móviles, iOS y Android.

2.2 iOS

Apple presentó al público por primera vez la existencia de iOS, por aquel entonces llamado iPhone OS, en la MacWorld Conference de enero de 2007, aunque el sistema no tuvo nombre oficial hasta marzo de 2008, fecha en la que salió por primera vez la versión beta del iPhone SDK (Start Development Kit). Inicialmente este sistema operativo fue ideado para funcionar con el iPhone, el cual fue presentado por primera vez en esa misma conferencia.

El interés en el SDK aumentaría durante los siguientes meses debido al gran crecimiento que experimentó el iPhone, que además se vio incrementado en septiembre de 2007 tras la presentación del iPod Touch, el cual también ejecutaba iOS. En enero de 2010, Steve Jobs presentó el iPad, el último dispositivo móvil de la compañía que utilizaría iOS como sistema operativo.

iOS es un derivado de Mac OS X, que a su vez está basado en Darwin BSD, que es un sistema operativo de la familia UNIX.

2.2.1 Arquitectura de iOS

Al más alto nivel, iOS actúa como un intermediario entre el hardware subyacente y las aplicaciones. Las aplicaciones no se comunican directamente con el hardware subyacente, sino que lo hacen a través de un conjunto de interfaces de sistema bien definidas. Estas interfaces hacen sumamente sencillo escribir aplicaciones que trabajen en dispositivos con diferentes capacidades de hardware.

La implementación de iOS puede ser visto como un conjunto de capas, tal y como podemos ver en la figura 2.5. Las capas más bajas contienen fundamentalmente servicios y tecnologías. Las capas de alto nivel se construyen sobre las capas de bajo nivel y proveen servicios y tecnologías más sofisticados (Apple, 2014).

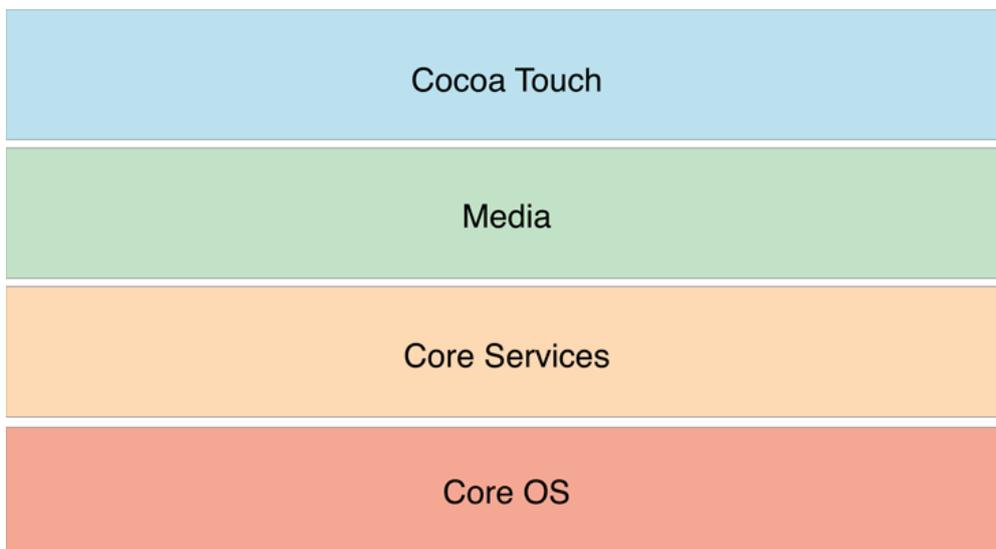


Figura 2.5 Capas de la arquitectura de iOS.

- *Cocoa Touch*: Es la capa de más alto nivel de iOS y contiene el conjunto de frameworks orientados a objetos que permite el desarrollo de aplicaciones. Hasta 2014 las aplicaciones se escribían utilizando el lenguaje de programación Objective C, sin embargo ahora se puede usar también el nuevo lenguaje de programación Swift, del cual se hablará más adelante. Los frameworks de esta capa también proveen la infraestructura básica de las aplicaciones y soporte para las diferentes tecnologías entre las que cabe destacarlas siguientes:
 - Multitarea.
 - Eventos multi-touch.
 - Notificaciones *Push*: Permiten la posibilidad de alertar al usuario de que una aplicación tiene nuevos datos.
 - *UIKit framework*: Permite la creación de interfaces gráficas y gestiona eventos. Incluye también acceso a los sensores del dispositivo.
 - *Address Book UI framework*: Permite la creación de interfaces estándar para acceder a la agenda (leer, editar, seleccionar contactos).
 - *MapKit framework*: Permite crear interfaces para la visualización de mapas.
 - Acelerómetro y giroscopio.
 - Jerarquía de vistas.
 - Localización e internalización.
 - Soporte para cámara.
- *Media*: Esta capa contiene las tecnologías de gráficos, audio y video para implementar los servicios orientados a multimedia como por ejemplo:
 - *Quartz*: framework para la manipulación de gráficos 2D.
 - *OpenGL*: framework para la manipulación de gráficos 3D.
 - *SceneKit*: framework para la creación de juegos en 3D.
 - *Core Animation*: framework para la visualización de datos.
 - *AV Foundation*: framework para la reproducción de sonido.
 - *Core Audio framework*: Soporte nativo para la generación, grabación, mezcla y reproducción de audio. También incluye acceso a la capacidad de vibración.
 - *OpenAL (Open Audio Library)*: API de acceso a dispositivos de audio.
 - *Media Player framework*: Reproducción de video soportando los códecs H.264 y MPEG-4.
- *Core Services*: Es la capa que contiene los servicios de sistema fundamentales para las aplicaciones. Entre estos servicios se encuentra *Core Foundation* y *Foundation frameworks*, que definen los tipos básicos que usan las aplicaciones. Además esta capa también contiene tecnologías individuales para soportar características tales como:
 - *iCloud*.
 - *Core Location*: Permite obtener la localización del dispositivo utilizando el hardware disponible (GPS, cobertura móvil o WI-FI).
 - *Core Data*: Permite gestionar modelos de datos de una aplicación que siguen el patrón MVC (Modelo Vista Controlador).
 - Soporte *XML*.
 - Bases de datos *SQLite*: Soporte de bases de datos SQL.
 - *Core Motion*.
 - *Foundation framework*: proporciona wrappers en Objective-C para el acceso a las funcionalidades de *Core Foundation*.

- *Core Foundation*: Interfaces escritas en C para la gestión de datos (arrays, strings, date, sockets, threads, etc...).
- *XMLSupport*: Soporte para la manipulación de ficheros XML.
- **Core OS**: Es la capa de más bajo nivel y contiene las características de más bajo nivel que sobre las que la mayoría de las otras tecnologías están construidas. Es la capa que actúa como núcleo del sistema operativo. Esta capa implementa las siguientes características:
 - *Accessory Support*: Soporte para la gestión de dispositivos externos conectados al dispositivo mediante Bluetooth o por el conector.
 - TCP/IP.
 - Sockets.
 - Gestión de la batería.
 - *Security framework*: Gestión de certificados, claves públicas y privadas, políticas de confianza, cifrado simétrico, generación de números aleatorios, etc.
 - Sistema de Archivos.
 - Soporte para los 64 bits.

2.2.2 Actualizaciones y versiones actuales

Las actualizaciones del sistema son ofrecidas para todos los usuarios a través de iTunes. Actualmente el sistema operativo iOS se encuentra en su octava versión, que fue lanzada en Junio de 2014. Según Apple, a fecha de 29 de Abril de 2015, el 81% de los dispositivos compatibles con iOS 8 usan esta versión, mientras que el 17% de dispositivos aún siguen en la versión 7 y tan sólo un 2% de los dispositivos se encuentran en versiones anteriores a iOS 7. En la Figura 2.6 podemos ver las versiones actuales de iOS con el porcentaje de dispositivos que ejecuta cada una de ellas (Apple, 2015).

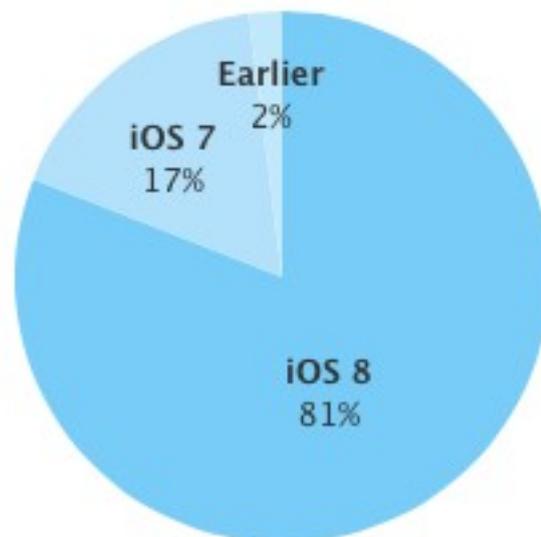


Figura 2.6 Gráfico con los porcentajes de dispositivos actualizados, Agosto de 2015.

2.2.3 Ventajas y desventajas de iOS

Desde la aparición de iOS y Android ha habido una continua guerra entre los defensores y detractores de ambos sistemas operativos. Los defensores del primero alegaban que este era más seguro y más estable, mientras que los del segundo afirmaban que este permitía mucha un acceso total al sistema y por lo tanto ser más configurable y personalizable.

Entonces, ¿Qué sistema operativo es mejor? En realidad esta pregunta no tiene una respuesta fija, ya que aunque ambos sistemas se utilizan para el mismo tipo de dispositivos (Smartphones y tablets), y ambos soportan a día de hoy las mismas aplicaciones, los dos sistemas se diferencian bastante y cada uno tiene unos puntos fuertes y unos puntos débiles.

Entre las principales ventajas de iOS podemos encontrar las siguientes:

- El framework Cocoa Touch es muy fácil de usar.
- Existe una gran comunidad de desarrolladores en torno a iOS y hay mucha información disponible en la red para programadores principiantes.
- Hay muchas APIs no oficiales bien implementadas que pueden ser reutilizadas en nuestro código.
- El hecho de que Apple restrinja y supervise las aplicaciones subidas a la App Store asegura un mínimo de calidad y de seguridad.
- Al haber un número reducido de dispositivos con diferentes especificaciones técnicas hace que la programación para los dispositivos de Apple esté más enfocada y por lo tanto la optimización de código es mejor que en Android.

Por otro lado, algunas de las desventajas de iOS serían las siguientes:

- El lenguaje utilizado hasta ahora para desarrollar aplicaciones en iOS, Objective C, no está tan extendido como el lenguaje empleado por Android, Java. Esto se acentúa aún más tras la aparición del nuevo lenguaje de Apple, Swift, con el que sólo se puede programar para iOS y Mac OS X.
- Apple no permite modificar la API de cualquier componente de su framework, lo que resta libertad y capacidad de innovación al desarrollador.
- Para poder desarrollar aplicaciones para el sistema de Apple es necesario un Mac, ya que el entorno de desarrollo Xcode únicamente está disponible para Mac.
- Para poder subir aplicaciones a la App Store, los desarrolladores necesitan abonar una cuota anual de 99\$.

2.2.4 Xcode

Xcode, como se ha ya se ha comentado, es el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) que se utiliza para la creación de aplicaciones tanto para iOS como para OSX. Xcode se encuentra de forma gratuita en la Mac App Store (la tienda de aplicaciones de Mac) y únicamente disponible para ordenadores que corran bajo Mac OS X, por lo que para desarrollar aplicaciones para los sistemas operativos de Apple es necesario disponer de un Mac.

Xcode se introdujo en Octubre de 2003 junto con la versión 10.3 de Mac OS X conocida como Panther. Xcode fue el sustituto del anterior entorno de desarrollo de Apple, *Project Builder*, que fue desarrollado por la compañía de Steve Jobs, NeXT.

Si bien es necesario pagar una cuota anual de 99\$ para poder subir una aplicación a la App Store, no es necesario pagar nada para empezar a desarrollar para iOS o Mac OS X. Tan sólo es necesario una cuenta gratuita de Apple.

Xcode cuenta con una serie de herramientas incorporadas que permiten un fácil desarrollo de aplicaciones, entre las cuales cabe destacar las siguientes (Apple, 2015b):

- Xcode IDE
 - *Editor de Código*: Xcode cuenta con un potente editor de código con avanzada compleción de código, plegado de código, resaltado de sintaxis y mensajes en los que se muestran warnings, errores y otra información de contexto.
 - *Editor de versiones*: El editor de versiones de Xcode muestra una línea de tiempo con la que es posible comparar gráficamente ficheros fuente con completo soporte para las sub versiones y sistemas de control de versiones Git.
 - *Interface Builder*: Herramienta para crear gráficamente la interfaz de la aplicación, sin necesidad de escribir código y conexión entre las distintas vistas que componen la aplicación. Se almacenan en archivos XML y son cargadas en tiempo de ejecución.
 - *Simulador iOS*: Con el simulador de iOS es posible emular el comportamiento de la aplicación con un dispositivo virtual. Muy útil si no se dispone de un dispositivo de la compañía en el que realizar las pruebas o si no se tiene una cuenta de desarrollador.
 - *Compiladores*: Además de un compilador para Objective C y Swift, con Xcode se pueden compilar aplicaciones escritas en C o C++.
 - *Depurador Gráfico*: Gracias al depurador gráfico es posible depurar una aplicación directamente desde el editor de Xcode.
 - *Catálogo de Recursos*: Se trata de un editor que gestiona las imágenes de las aplicaciones agrupando varias resoluciones de una misma imagen.
 - *Snapshots*: Antes de realizar una tarea arriesgada en un proyecto se puede hacer una captura del mismo (o que Xcode lo haga de manera automática) para guardar el proyecto y poder volver a una versión anterior si se necesitara.
 - *Documentación Completa*: Xcode cuenta con toda la documentación necesaria para poder crear una aplicación, sin necesidad de tener que ir a la web de desarrolladores de Apple para buscarla.
 - *Fix-it*: Con Xcode encontrar errores es muy sencillo. Cuando se realiza algún tipo de error a la hora de programar, Xcode te avisa del error y es posible corregirlo mediante un solo atajo de teclado.
- Instrumentos
 - *Grabación de datos*: Indica que aplicación hay que analizar, que tipo de datos hay que recolectar y mediante un único clic para recolectar los datos y guardarlos para análisis futuros.
 - *Drill Down*: Herramienta para inspeccionar datos gráficamente para ver que código se está ejecutando en cada momento.
 - *Detección de Zombies*: Tanto errores difíciles de encontrar como fallos en la aplicación pueden ser corregidos cuando una aplicación intenta acceder a memoria que ya no está disponible.

2.3 Android

Android es un sistema operativo basado en el núcleo de Linux. Inicialmente fue desarrollado por la compañía Android Inc. En 2005 Google compró dicha compañía adquiriendo con ella todos los derechos sobre Android. Android fue presentada en el año 2007 junto a la fundación del Open Handset Alliance (OHA). La OHA, liderada por Google, es una alianza comercial de 84 compañías, que tienen como objetivo el desarrollo de estándares abiertos para dispositivos móviles. Entre ellas se encuentran las principales compañías del sector tecnológico, a excepción de Apple. Algunos de sus miembros son Google HTC, Dell, Intel, Motorola, Qualcomm, Texas Instruments, Samsung, LG o Nvidia. También forman parte de esta alianza varios operadores móviles de renombre internacional, como Telefónica, Vodafone o T-Mobile (Open Handset Alliance, 2015).

2.3.1 Arquitectura de Android

Android es una pila de software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, middleware y diversas aplicaciones. El *Android SDK* aporta las herramientas y *APIs* necesarias para empezar a desarrollar aplicaciones para la plataforma *Android* usando el lenguaje de programación *Java*. En la figura 2.7 se puede apreciar un diagrama en el que se muestra la arquitectura de *Android* (Android 2015a).

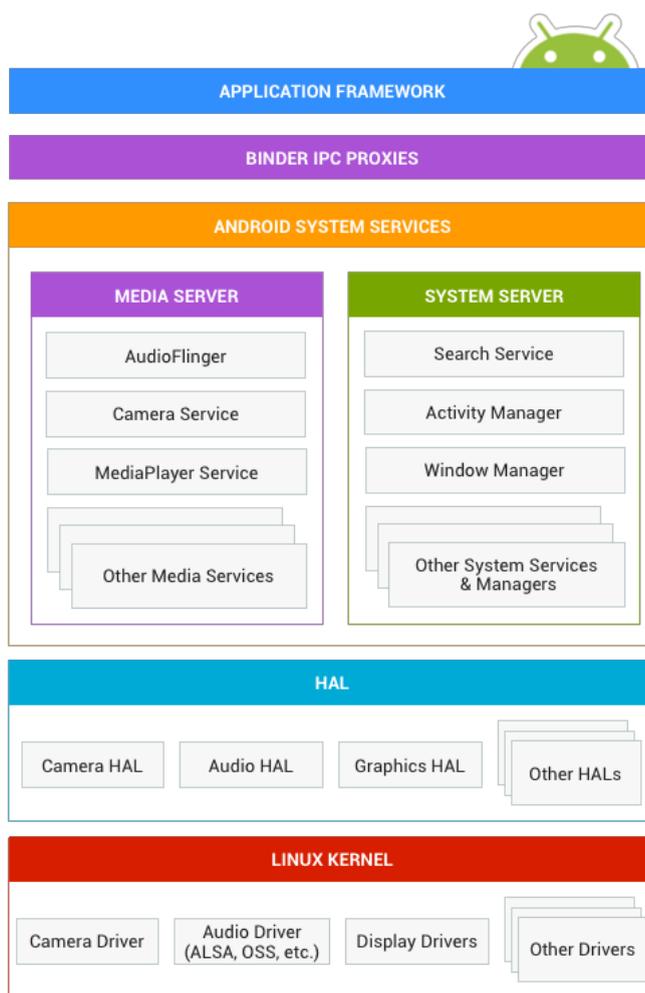


Figura 2.7 Capas de la arquitectura de Android.

- *Application Framework*: En esta capa se encuentran el conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones.
- *Binder IPC Proxis*: El mecanismo Binder Inter-Process Communication (IPC) permite que el *Application Framework* cruce los límites de proceso y poder hacer llamadas al código de los servicios del sistema de Android.
- *Android System Services*: Las funcionalidades expuestas por las APIs del *Application Framework* se comunican con los servicios del sistema para acceder al hardware subyacente. Android incluye dos grupos de servicios, los servicios del sistema y los servicios multimedia. Entre estos servicios podemos encontrar los siguientes:
 - *Activity Manager*: Servicio que gestiona el ciclo de vida de las aplicaciones.
 - *Window Manager*: Servicio que gestiona las ventanas de las aplicaciones
 - *Content Providers*: Se trata de un servicio que permite a las aplicaciones compartir datos con otras, como por ejemplo los contactos, la agenda o los mensajes.
 - *View System*: Son todos los elementos para construir GUI (Graphic User Interface).
 - *Package Manager*: Permite obtener información sobre aplicaciones instaladas en el dispositivo.
 - *Telephony Manager*: Gestiona todas las funcionalidades del teléfono, como las llamadas o los mensajes.
 - *Resource Manager*: Gestiona el acceso a los recursos.
 - *Location Manager*: Permite obtener información de localización.
 - *Notification Manager*: Para la comunicación de eventos al usuario.
- *HAL*: La capa HAL (Hardware Abstraction Layer) es una interfaz que permite al sistema Android hacer llamadas a la capa de drivers del dispositivo mientras es agnóstico acerca de las implementaciones de bajo nivel de los drivers y el hardware.

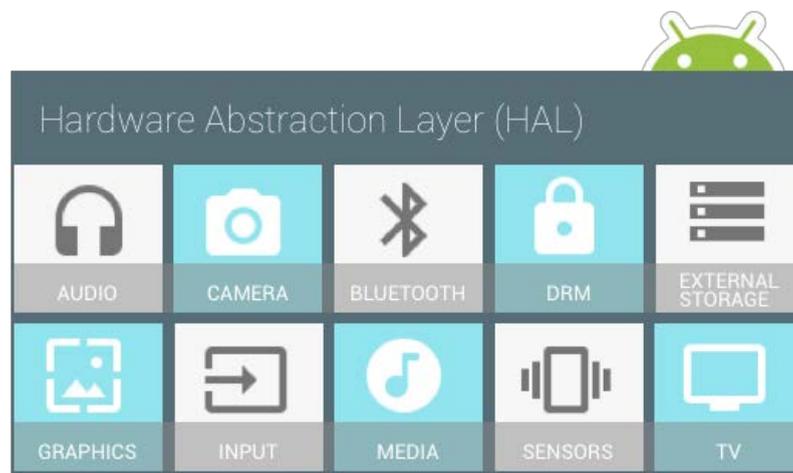


Figura 2.8 Esquema de la capa HAL de la arquitectura de Android.

Se debe implementar el correspondiente HAL para el hardware específico que tu producto provee. Las implementaciones HAL son construidas típicamente en módulos de librería compartida (archivos .so). Android no exige una interacción estándar entre la implementación HAL y los drivers del dispositivo, por lo que se tiene total libertad para hacer lo que mejor convenga según la situación. Sin embargo, para que Android interactúe correctamente con el hardware, se debe cumplir con el contrato definido en cada interfaz HAL de hardware específico.

- *Kernel de Linux:* Como se ha comentado anteriormente, Android es un sistema operativo basado en el núcleo de Linux. La versión actual de Android, la 5.1, trae la versión 3.4 del kernel de Linux. Esta capa incluye entre otros:
 - Drivers hardware.
 - Gestión de memoria.
 - Gestión de batería.
 - Gestión de procesos.

2.3.2 Actualizaciones y versiones actuales

A diferencia de en iOS, cuando sale una actualización del sistema, esta no es necesariamente accesible para todos los dispositivos. Esto es debido a que la gran mayoría de terminales con Android no utilizan la versión oficial de éste que desarrolla Google, si no que utilizan una versión propia para sus terminales, es decir, la interfaz de Android sería distinta en un móvil de Sony y en un móvil de Samsung, por ejemplo. Esto hace que los terminales Android no estén al día en cuanto a actualizaciones, únicamente los terminales Nexus, aquellos fabricados por Google, reciben las actualizaciones según sale el nuevo sistema.

Este hecho se traduce en una considerable fragmentación en cuanto a versiones, lo que supone un gran inconveniente para los desarrolladores a la hora de crear aplicaciones, ya que tienen que tener en cuenta numerosos terminales con características diferentes y además diferentes versiones del sistema, por lo que muchos terminales no se aprovecharían de las nuevas ventajas de las versiones más actuales. En la Figura 2.9 podemos observar dicha fragmentación a día de hoy (Android, 2015b).

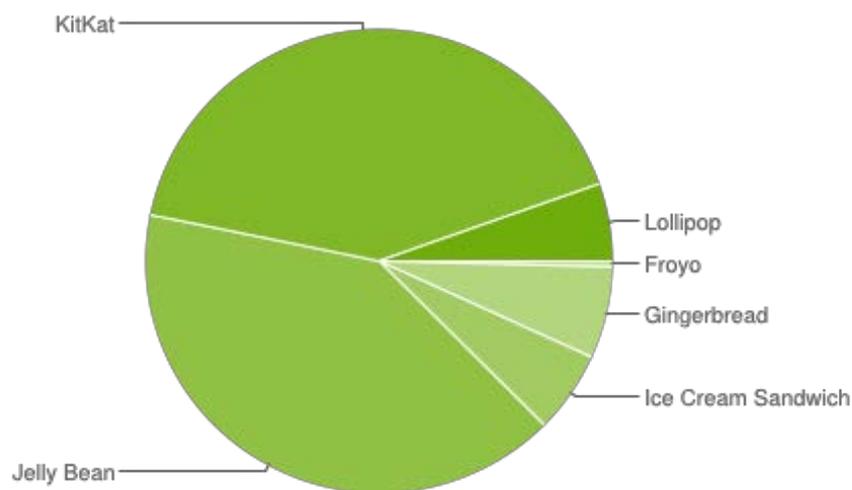


Figura 2.9 Gráfico con los porcentajes de dispositivos actualizados, Agosto 2015.

Como podemos ver, la última versión de Android, Lollipop, lanzada en el año 2014, tan sólo está instalada en el 5.4% de los dispositivos móviles, mientras que las versiones anteriores, KitKat, de 2013 y Jelly Bean, de 2012, está instalada en el 41.4 % y 40.7% respectivamente. También podemos ver como todavía, un 0.4% de dispositivos móviles siguen usando de las primeras versiones de Android, Froyo, lanzada en el años 2010.

En la siguiente tabla podemos ver más detalladamente el porcentaje de dispositivos que usan una determinada versión de Android, así como la versión de la API que usan (Android, 2015b).

Version	Codename	API	Distribution
2.2	Froyo	8	0.4%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	6.4%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	5.7%
4.1.x	Jelly Bean	16	16.5%
4.2.x		17	18.6%
4.3		18	5.6%
4.4	KitKat	19	41.4%
5.0	Lollipop	21	5.0%
5.1		22	0.4%

Figura 2.10 Tabla con las versiones de Android y su porcentaje de distribución.

2.3.3 Ventajas y desventajas de Android

Una de las principales ventajas de Android es el uso del lenguaje de programación Java. A diferencia del lenguaje de programación de iOS, Java se encuentra ampliamente extendido y es de fácil comprensión para desarrolladores con conocimientos de lenguajes de programación orientados a objetos.

Gracias a la licencia de *Apache* en la que está basado Android, cualquier desarrollador puede realizar modificaciones de las partes internas de cualquier programa y además cualquier persona puede realizar un programa para dispositivos Android sin necesidad de cuotas anuales como sucede en iOS.

Otra de las ventajas de Android es la accesibilidad. La participación de terceros en el desarrollo del sistema operativo conlleva la aparición y creación de multitud de APIs.

Al igual que sucedía en iOS hay una gran comunidad de desarrolladores gracias a la cual es muy sencillo encontrar información para desarrolladores sin experiencia.

En cuanto a las desventajas, una de las principales desventajas de Android es la fragmentación de la que ya hablamos anteriormente. Este ha sido uno de los puntos más criticados de Android. Como ya dijimos antes este hecho supone un gran inconveniente para los desarrolladores de software, que requieren optimizar especialmente bien sus aplicaciones para que estas funcionen en los distintos tipos de dispositivos que hay en el mercado y las diferentes versiones de Android con las que funcionan dichos dispositivos.

A diferencia de en iOS, Google no revisa las aplicaciones que los desarrolladores suben a Google Play, la tienda de aplicaciones de Android, por lo que esas aplicaciones podrían no ser del todo fiables o incluso acceder sin el permiso del usuario a datos a los que la aplicación no debería acceder.

A la hora de gestionar la multitarea, el sistema de Google implementa una multitarea real de cara al usuario. Si una aplicación pasa a segundo plano, esta se sigue ejecutando en el procesador del terminal. El problema aparece cuando el usuario tiene muchas tareas abiertas en segundo plano. En ese caso el dispositivo se ralentiza y el gasto de batería y memoria es considerable.

2.3.4 Eclipse y otros IDE

En lo relativo al entorno de desarrollo, programar para Android tiene muchos menos requisitos que hacerlo para iOS. Mientras que para programar para iOS era requisito imprescindible disponer de un ordenador con Mac OS X, programar para Android es más abierto, ya que los entornos de desarrollo están disponibles para cualquier distribución de Linux, Windows e incluso para Mac OS X.

Existen varias opciones para desarrollar en Android, siendo sin duda la más destacada *Eclipse* junto con el plugin ADT (Android Developer Tools), que provee a *Eclipse* un conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones en Android como por ejemplo acceso gráfico a la línea de comandos de las herramientas del SDK, una herramienta para el prototipado y el diseño y una herramienta para la creación de la interfaz de usuario de forma gráfica.

En mayo de 2013, Google presentó su propio entorno de desarrollo para desarrollar aplicaciones Android, el *Android Studio*. Este entorno de desarrollo está basado en *IntelliJ IDEA*. *Android Studio* ofrece las siguientes características (Android, 2015c):

- Sistema de construcción basado en Gradle flexible.
- Variantes de construcción y generación múltiple de fichero apk.
- Plantillas de código para la ayuda en la creación de características comunes.
- Editor de texto enriquecido con soporte para *drag and drop*.
- Capacidad de firmado de aplicaciones y *ProGuard*.
- Soporte integrado para la *Google Cloud Platform*, lo que facilita la integración de del *Google Cloud Messaging* y el *App Engine*.

2.4 Otros sistemas operativos para dispositivos móviles

Aunque iOS y Android son los sistemas operativos para dispositivos móviles más usados, existen otras alternativas que poco a poco han ido ganando cierta importancia. Estos sistemas operativos serían Windows Phone y Firefox OS.

2.4.1 Windows Phone

Se trata de un sistema operativo desarrollado por Microsoft como sucesor de Windows Mobile. A diferencia de su predecesor, este está enfocado en el mercado de consumo en lugar de en el mercado empresarial. Su última versión disponible es Windows Phone 8.1, lanzada en abril de 2014.

Debido a la evidente fragmentación de sus sistemas operativos, Microsoft anunció en Enero de 2015 que daría de baja a Windows Phone para enfocarse en un sistema universal para todos los dispositivos de Microsoft (móviles, tablets y ordenadores) denominado Windows 10.

Como podemos ver en la Figura 2.11, la arquitectura de Windows Phone también está dividida en diferentes capas. Los colaboradores ofrecen la mayor parte de la interacción del hardware de bajo nivel y drivers de arranque, bajo la forma del *Board Support Package* (BSP). El BSP es una colección de driver y librerías de soporte. El núcleo del BSP está escrito por el fabricante de silicio que crea la CPU. Los fabricantes de equipos originales (OEM) son los responsables de añadir los drivers

requeridos para soportar el hardware del dispositivo móvil. El kernel y el sistema operativo provienen en su gran medida de Windows con modificaciones específicas para Windows Phone. En la capa inmediatamente superior al kernel se encuentran los servicios del sistema y los frameworks para la creación de aplicaciones.

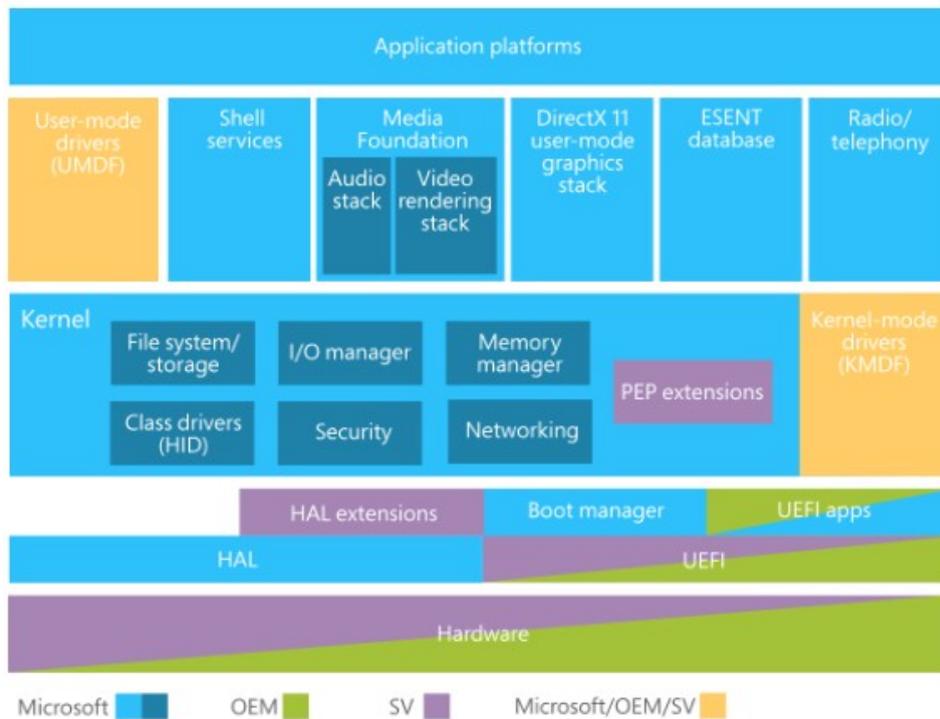


Figura 2.11 Capas de la arquitectura de Windows Phone.

A diferencia de iOS y Android, el kernel de Windows Phone no está basado en UNIX, si no que está basado en el kernel de Windows NT. Windows Phone utiliza el núcleo del sistema de Windows, el cual es un sistema mínimo de Windows que permite el arranque, gestiona el hardware y los recursos, autentica y se comunica en una red y contiene características de seguridad de bajo nivel (Microsoft, 2015).

2.4.2 Firefox OS

Firefox OS es un sistema operativo móvil basado en HTML5 con núcleo de Linux y de código abierto desarrollado por la Fundación Mozilla y lanzado inicialmente en abril de 2013. El sistema operativo está diseñado para permitir que las aplicaciones escritas con HTML5 puedan comunicarse directamente con el hardware del dispositivo usando JavaScript y Open Web APIs.

En cuanto a la arquitectura de Firefox OS, este tiene tres elementos muy importantes (Mozilla, 2014):

- **Gaia:** Es la interfaz de usuario de la plataforma Firefox OS. Gaia implementa el bloqueo de pantalla, la pantalla de inicio y todas las aplicaciones estándar. Está implementado usando HTML, CSS y JavaScript.
- **Gecko:** Es la capa que provee todo el soporte para los estándares HTML, CSS y JavaScript. Gecko incluye, entre otras cosas, un paquete de red, un paquete gráfico, un motor de diseño, una máquina virtual de JavaScript y capas de portabilidad.

- *Gonk*: es el sistema operativo de bajo nivel de la plataforma Firefox OS y consiste en un núcleo Linux y una capa de abstracción de hardware de espacio de usuario o HAL. Su meta es la portabilidad de Gecko.

El núcleo usado en Firefox OS es un derivado del núcleo usado en el Linux original. Dicho kernel ha sido modificado por el “*Android Open Source Project*”, pero también puede ser modificado por los fabricantes. Una vez lanzado el proceso *init*, el kernel de Linux es quien maneja las llamadas al sistema, las interrupciones y las peticiones de cualquier elemento hardware (Mozilla, 2015).

2.5 Lenguajes de programación en iOS

Desde la creación del primer iPhone en el año 2007, los desarrolladores que quisieran programar para el dispositivo de Apple tenían que aprender Objective C, que era el lenguaje en el que se programaba tanto para iOS como para Mac OS X.

Objective C es un lenguaje de programación orientado a objetos diseñado por Brad Cox y la corporación StepStone. Se trata de un superconjunto del lenguaje C ideado con el fin de proveer capacidades orientadas a objeto y un tiempo de ejecución dinámico. Objective C hereda la sintaxis, tipos de primitivas y control de flujo de C y añade sintaxis para definir clases y métodos. (Apple, 2014b).

Sin embargo todo esto cambió el 2 de Junio del año 2014, cuando Apple presentó en la WWDC (Worldwide Developer Conference) de ese año un nuevo lenguaje con el que los desarrolladores podrían crear sus aplicaciones. Este nuevo lenguaje era Swift.

Swift, al igual que Objective C, es un lenguaje orientado a objetos y está diseñado para integrarse directamente con los frameworks Cocoa y Cocoa Touch de la arquitectura de iOS. Swift es un lenguaje de programación para desarrollar aplicaciones para iOS y Mac OS X que ha sido construido con lo mejor de C y de Objective C, pero sin las limitaciones de estos. Swift adopta patrones de programación seguros y añade características modernas para hacer que la programación sea más fácil, más flexible y más divertida. Swift ha estado años en desarrollo y se ha conseguido una simplificación en la administración de memoria usando ARC (Automatic Reference Counting). El framework de Swift ha sido modernizado y estandarizado consiguiendo soporte para bloques, colección de literales y módulos (Apple, 2015c).

Con la creación de este nuevo lenguaje de programación Apple quiere que la programación para sus dispositivos sea más fácil y más intuitiva, haciéndola más accesible a que nuevos desarrolladores se animen a programar aplicaciones para los dispositivos de la compañía. Swift ha sido desarrollado para sustituir a Objective C, aunque por ahora los dos conviven juntos y se pueden comunicar entre sí, y es posible el desarrollo de una aplicación usando ambos lenguajes, en un futuro cercano los desarrolladores se verán obligados a utilizar obligatoriamente el nuevo lenguaje haciendo que sus aplicaciones sean más rápidas y más seguras.

2.6 Comparación y elección

A la hora de tomar una decisión para ver que opción es mejor para implementar la aplicación para la rehabilitación neuropsicológica de personas con deterioro cognitivo conviene tener claros los requisitos de la aplicación a diseñar para, en base a estos, tomar la decisión más adecuada.

A nivel de hardware está claro que la mejor elección es el uso de una tablet, debido a que las pantallas de grandes dimensiones de estos dispositivos los hacen ideales para mostrar el contenido de una forma limpia y clara. La misma aplicación podría desarrollarse para Smartphone, sin

embargo la experiencia de usuario sería más pobre, ya que el contenido de los juego tendría que reducirse para que cupiera en una pantalla de menos de 5 pulgadas. Además teniendo en cuenta que los potenciales usuarios de esta aplicación serían personas mayores con algún tipo de discapacidad, el uso de una pantalla de grandes dimensiones es lo ideal.

Los juegos desarrollados en esta aplicación son pequeños juegos en los que el usuario tiene que interactuar con diferente elementos gráficos que se van mostrando en pantalla. Estos juegos son bastante simples tanto a nivel gráfico como de procesado, lo que hace que la aplicación pueda funcionar perfectamente en tablets antiguas con peores especificaciones que las más modernas.

Como se ha acaba de comentar, a nivel de software no existe ningún requisito imprescindible, por lo que la elección de un sistema operativo u otro no se va a determinar por la aplicación en si. Ahora bien, como todos los datos de los pacientes, así como su progreso y evolución en los juegos no son almacenados en la propia aplicación, si no que están almacenados en un servidor, esta misma aplicación, que para este proyecto de fin de grado ha sido desarrollada para iOS, podría implementarse en cualquiera de los otros sistemas operativos anteriormente mencionados obteniendo los datos de los pacientes directamente del servidor. Esto daría una gran diversidad a la aplicación, ya que permitiría que esta fuera usada en cualquier tipo de dispositivo, ya fuera una tablet con iOS, Android, Windows Phone o Firefox OS.

Capítulo 3: Descripción Técnica de la Aplicación

En este capítulo se va a dar una idea global sobre los distintos fundamentos técnicos utilizados para desarrollar la aplicación, la interfaz de usuario y el almacenamiento de los datos explicando cada uno de ellos brevemente. Además se mostrará detalladamente la interfaz de usuario mostrando cada uno de los elementos de los que se compone y se expondrán todos los ejercicios de los que consta la aplicación, junto con una breve descripción de cada uno de ellos y el diagrama de flujo de cada uno de ellos mostrando cada uno de los estados de los que constan los ejercicios.

3.1 Introducción

Como ya se comentó en capítulos anteriores, para crear una aplicación para iOS se necesita un ordenador con Mac Os X y el entorno de desarrollo Xcode.

En una aplicación para iOS, la interfaz de usuario se desarrolla usando lo que se denomina *View Controller*. Los View Controllers son el nexo entre los datos de la aplicación y su apariencia visual. Siempre que una aplicación iOS muestre una interfaz de usuario, el contenido mostrado está gestionado por un View Controller o por un grupo de View Controllers coordinándose entre ellos. Por lo tanto, los View Controllers proporcionan el esqueleto sobre el que se construyen las aplicaciones (Apple, 2013).

En la siguiente figura se puede ver un ejemplo de una aplicación con tres View Controllers.

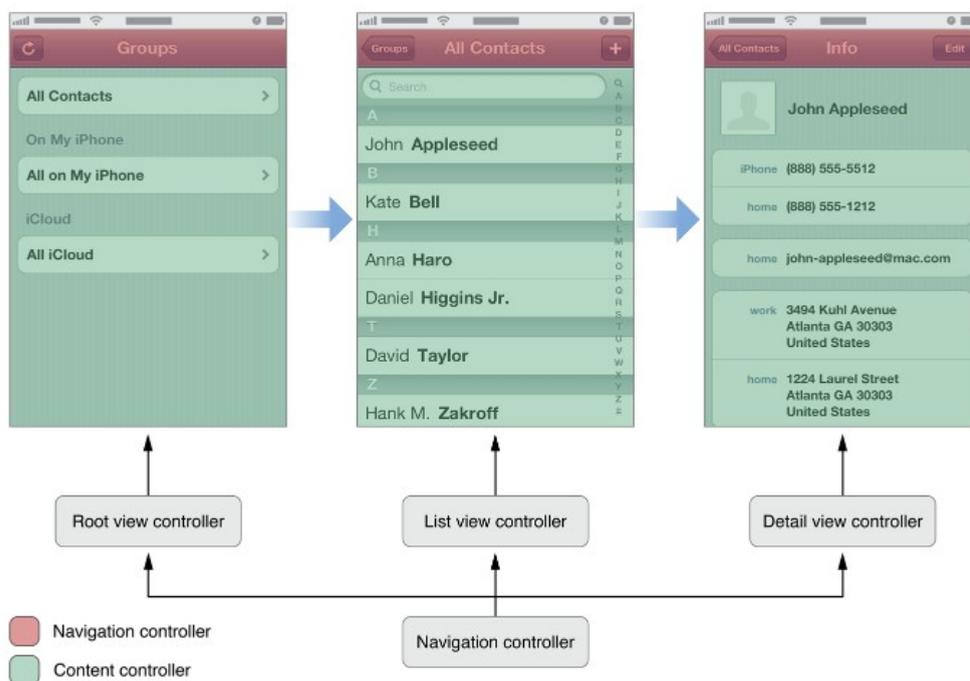


Figura 3.1 Ejemplo de Aplicación iOS y sus View Controllers.

iOS proporciona numerosos View Controllers nativos para soportar interfaces de usuario estándar, como por ejemplo las *Navigation Bar* y las *Tab Bar*. Sin embargo, también es posible implementar uno o más View Controllers personalizados para mostrar un contenido específico para la aplicación.

Dentro de los View Controller por defecto de los que consta Xcode se encuentran los siguientes:

- *Navigation Controller*: Es un controlador que hace posible la navegación entre distintos View Controllers conectados.
- *Table View Controller*: Es un controlador que gestiona una tabla. Automáticamente crea una instancia con las dimensiones correctas.
- *Tab Bar Controller*: Es un controlador que maneja una serie de View Controllers, cada uno de los cuales representa un icono en la Tab Bar. Cada View Controller proporciona información acerca del icono del Tab Bar y suministra la vista que se mostrará cuando se seleccione uno u otro icono del Tab Bar.
- *Split View Controller*: Se trata de un View Controller compuesto que administra View Controllers a izquierda y derecha.
- *Page View Controller*: Es un controlador que presenta una serie de View Controllers y los muestra como si fueran páginas que se muestran cuando el usuario desliza el dedo por la pantalla.
- *GLKit View Controller*: Se trata de un controlador que gestiona un View Controller estándar, pero a la vez proporciona un bucle de renderizado para OpenGL.
- *CollectionView Controller*: Es un controlador similar al Table View Controller pero este organiza los elementos en una cuadrícula.
- *AVKit Player View Controller*: Se trata de un controlador que gestiona un objeto AVPlayer.

Todos estos View Controllers permiten crear aplicaciones con una interfaz de usuario estándar fácilmente. Sin embargo, en muchas ocasiones las aplicaciones son mucho más complejas y estos View Controller que Xcode ofrece por defecto no son suficiente. Por ello Xcode consta de una serie de objetos con los que se puede personalizar un View Controller. Estos objetos son los siguientes:

- *Label*: Implementa una vista para texto de sólo lectura. Las etiquetas pueden contener una cantidad arbitraria de texto y se puede controlar la tipografía, el color, las sombras, etc.
- *Button*: Implementa un botón que intercepta eventos de toque y envía un mensaje de acción a un objeto cuando es tocado.
- *Segmented Control*: Muestra un elemento que se compone de múltiples segmentos cada uno de los cuales funciona como un botón discreto. Cada segmento puede mostrar tanto una imagen como un texto.
- *Text Field*: Muestra un rectángulo redondeado que puede contener un texto editable. Cuando el usuario toca sobre un campo de texto aparece el teclado para permitir la inserción de texto. Cuando se presiona la tecla Enter, el teclado desaparece.
- *Slider*: Este objeto muestra una barra horizontal que representa un rango de valores. El valor actual es mostrado con la posición de un indicador circular sobre la barra horizontal.
- *Switch*: Este objeto representa un elemento que muestra al usuario un estado booleano de un valor dado. Tocando el control el estado puede ser cambiado.
- *Activity Indicator*: Muestra un elemento que proporciona al usuario una ayuda sobre el progreso de una determinada tarea o proceso de una duración indeterminada. Mientras la tarea o proceso esté en ejecución el indicador de actividad estará dando vueltas.
- *Progress View*: La funcionalidad de este objeto es igual que la del Activity Indicator, con la salvedad de que este muestra el progreso de una tarea con una duración conocida.
- *Page Control*: Este elemento muestra el número de páginas abiertas en una aplicación mostrando un punto por cada una de las páginas. El punto que corresponde a la página actual se encuentra remarcado.

- *Stepper*: Proporciona una interfaz de usuario para incrementar o disminuir un determinado valor.

3.2 La Interfaz de Usuario

A la hora de desarrollar una aplicación para un dispositivo móvil la Interfaz de Usuario es uno de los elementos fundamentales que hay que desarrollar, ya que es lo que el usuario final va a ver al usar la aplicación y debe de ser lo más fácil e intuitiva posible.

En iOS hay tres formas de desarrollar la Interfaz de Usuario, mediante el uso de ficheros NIB, mediante el uso de Storyboards o directamente haciendo uso de la programación.

- *Storyboards*: Se trata de una herramienta visual con la que crear la Interfaz de Usuario de una forma gráfica y sencilla mediante el uso de diversos View Controllers y que permite especificar las transiciones entre ellos.
- *Ficheros NIB (o XIB)*: Cada fichero NIB se corresponde a un único elemento que pueden ser agrupados en el Interface Builder, por lo que también se trata de un método visual.
- *Código*: Sin el uso de elementos gráficos, si no programando mediante código cada uno de los elementos de los que se compondrá la Interfaz de Usuario, tanto su posicionamiento, tamaño, animaciones, etc.

La interfaz gráfica de este proyecto ha sido realizada enteramente usando el Storyboard, ya que es el método que más se adapta a la estructura del proyecto. El uso de Storyboards es idóneo cuando todos los elementos de la aplicación están unidos, es decir, todos los View Controllers de los que se compone la aplicación están lógicamente relacionados los unos con los otros.

A continuación se van a mostrar cada uno de los View Controllers de los que consta la aplicación. Cada captura de pantalla de los View Controller está sacada directamente del proyecto de Xcode.

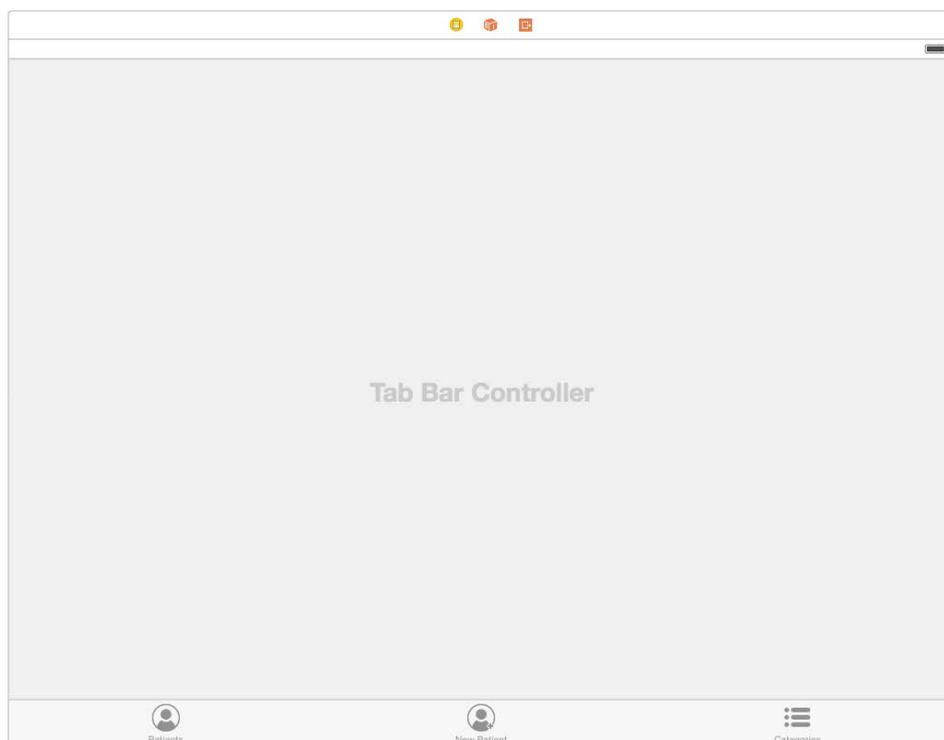


Figura 3.2 View Controller inicial.

Este primer View Controller es un Tab Bar Controller y tiene 3 pestañas diferentes, Pacientes, Nuevo Paciente y Categorías. La primera pestaña es un Table View Controller y se llama *UsersTableViewController*. En ella se muestra una tabla con un listado de los pacientes que se han registrado en el sistema. Es la vista que sale por defecto cuando se abre la aplicación. En la parte superior derecha hay una etiqueta en la que se mostrará el nombre del paciente cuya sesión este activa en ese momento y será en ese paciente en el que se guarden los resultados de los ejercicios. Este View Controller se puede ver en la Figura 3.3.

La segunda pestaña, correspondiente a la Figura 3.5, es el *NewUserController* y tiene un pequeño formulario que rellenar con los datos personales de los pacientes para efectuar el registro de los mismos en el sistema.

La tercera pestaña, que puede verse en la Figura 3.6 contiene una tabla con las distintas categorías disponibles con los juegos para la rehabilitación de los pacientes.

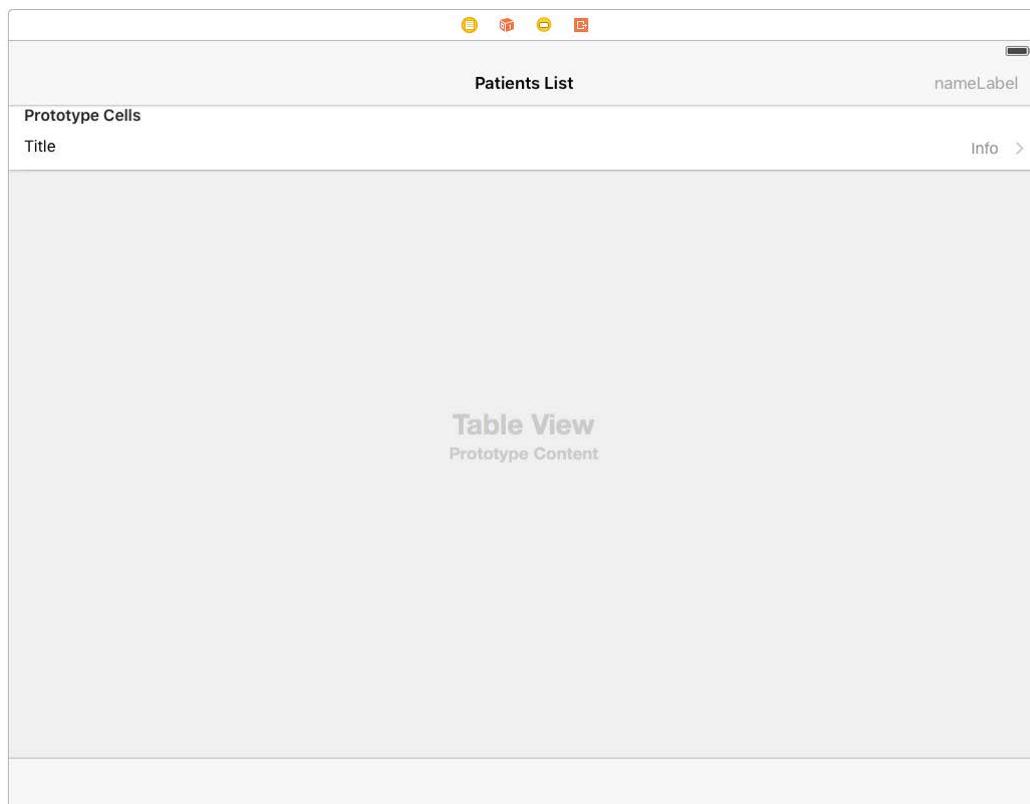


Figura 3.3 View Controller con el listado de pacientes registrados.

Desde el View Controller de la lista de pacientes se puede acceder a la información de cada paciente cuando se toca sobre el botón *info*.

En este View Controller, expuesto en la Figura 3.4, se muestra un resumen de los datos del paciente seleccionado con los ejercicios que ha realizado, el tiempo que ha tardado en realizar cada uno de ellos, el número de fallos y aciertos obtenidos en ellos y el tiempo que ha tardado en realizarlos. Esta información será útil para un seguimiento del paciente, ya que se verá su progreso y si este ha sido positivo. Además, en la parte superior derecha se encuentra un botón para que inicie sesión dicho paciente. Cuando esté iniciada una sesión, este botón cambiará por cerrar sesión y si se pulsa cerrará la sesión actual.

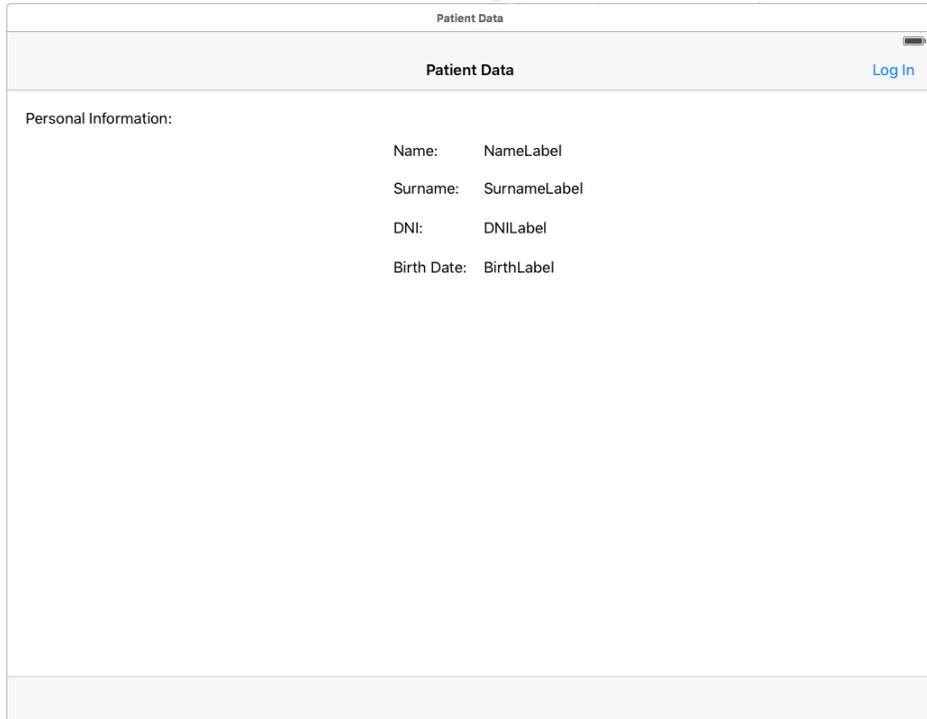


Figura 3.4 View Controller con la información de cada paciente.

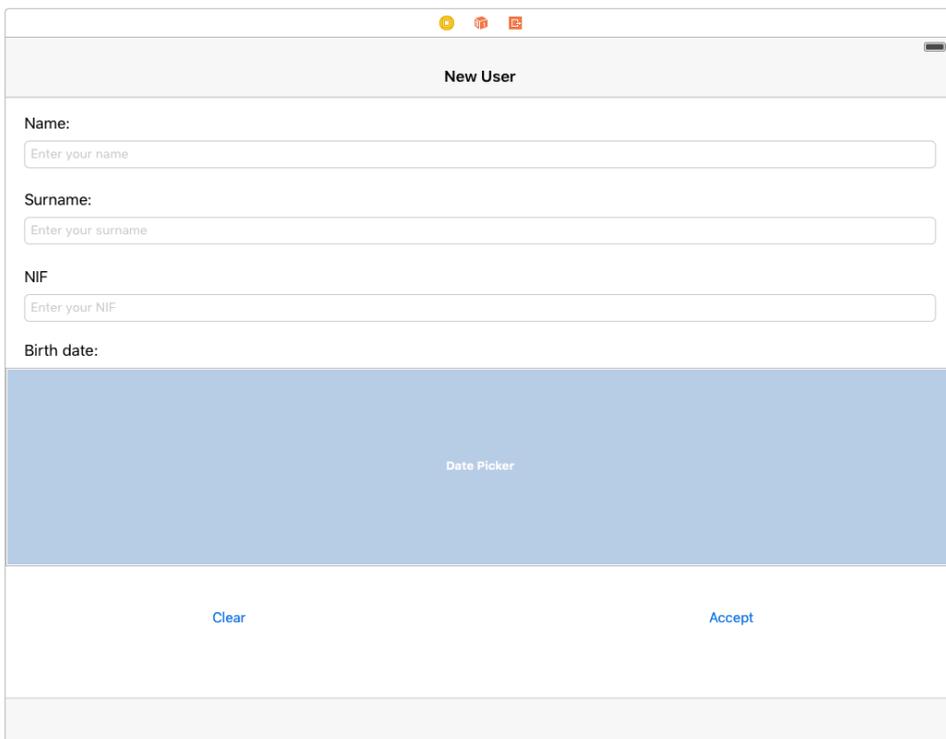


Figura 3.5 View Controller para el registro de nuevos pacientes.

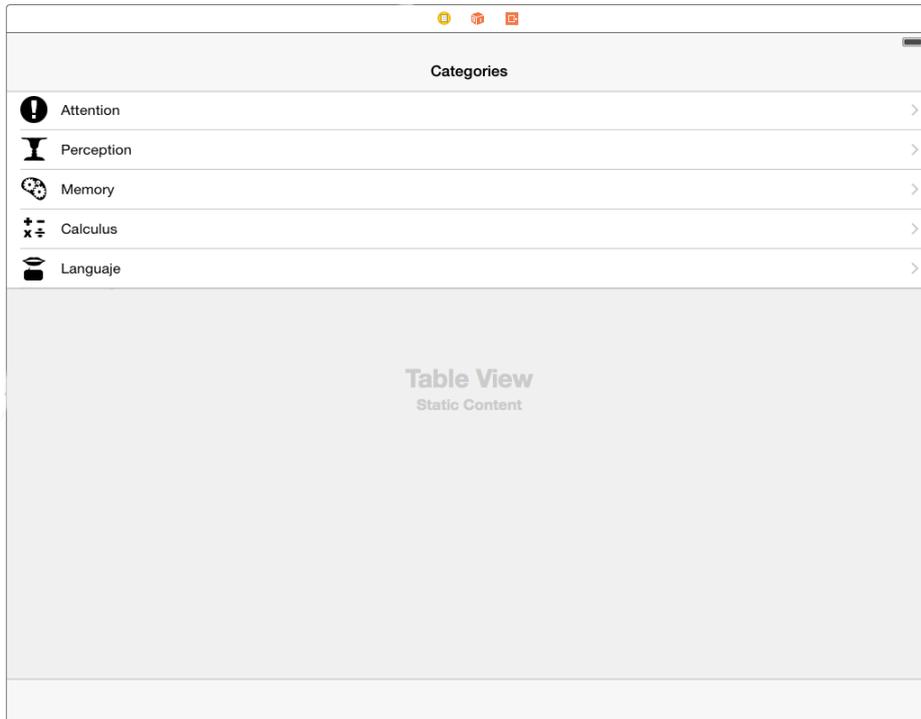


Figura 3.6 View Controller de las categorías de los ejercicios.

Como se puede ver, la aplicación consta en total de 5 categorías diferentes. Desde la pestaña de las categorías se accede a cada uno de los juegos disponibles. Una vez seleccionada la categoría, aparecerá automáticamente otra tabla con cada uno de los juegos disponibles para la categoría seleccionada

A continuación se procederá a mostrar los View Controller para cada una de las categorías mostrando los ejercicios de cada categoría.

Estos View Controllers son nuevamente tablas en las que aparecen los distintos ejercicios disponibles. Cuando se selecciona un ejercicio este se carga automáticamente y empieza.

Una vez completados todos los objetivos del ejercicio este se dará por concluido y aparecerá en la esquina inferior izquierda un botón de finalizar, que pulsándole nos llevará a la pantalla de resultados, en la que mostrarán los resultados obtenidos en el ejercicio realizado. Este View Controller se puede ver en la Figura 3.12

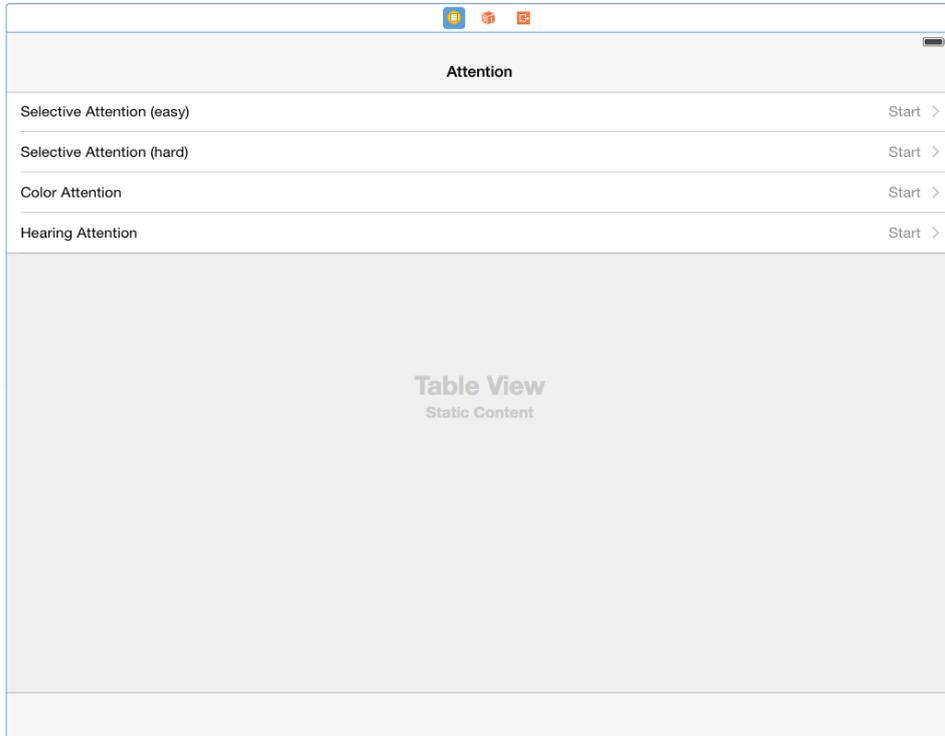


Figura 3.7 View Controller de los ejercicios de Atención.

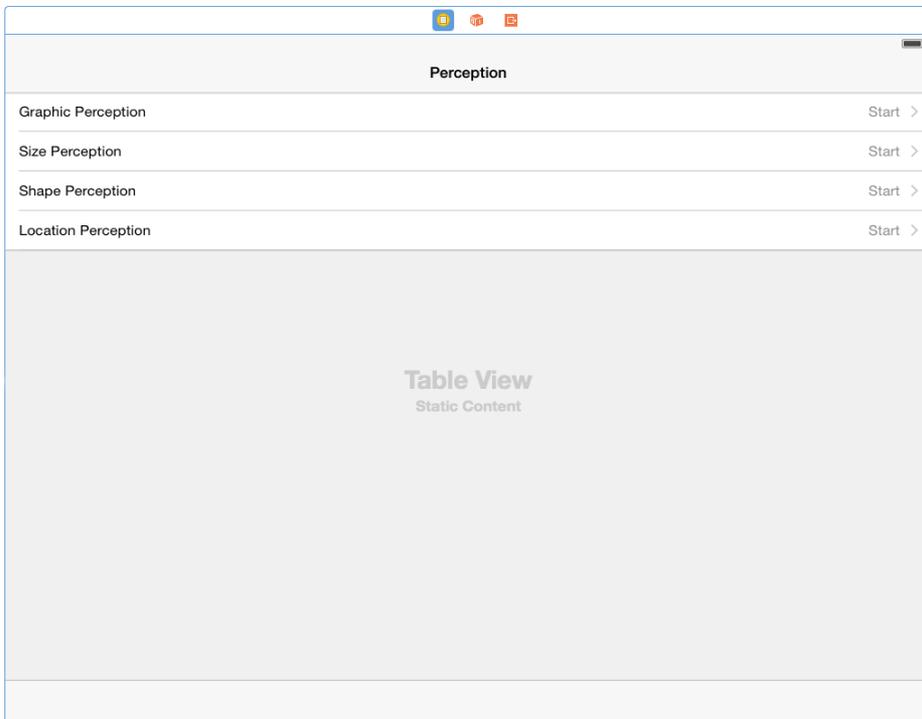


Figura 3.8 View Controller de los ejercicios de Percepción.

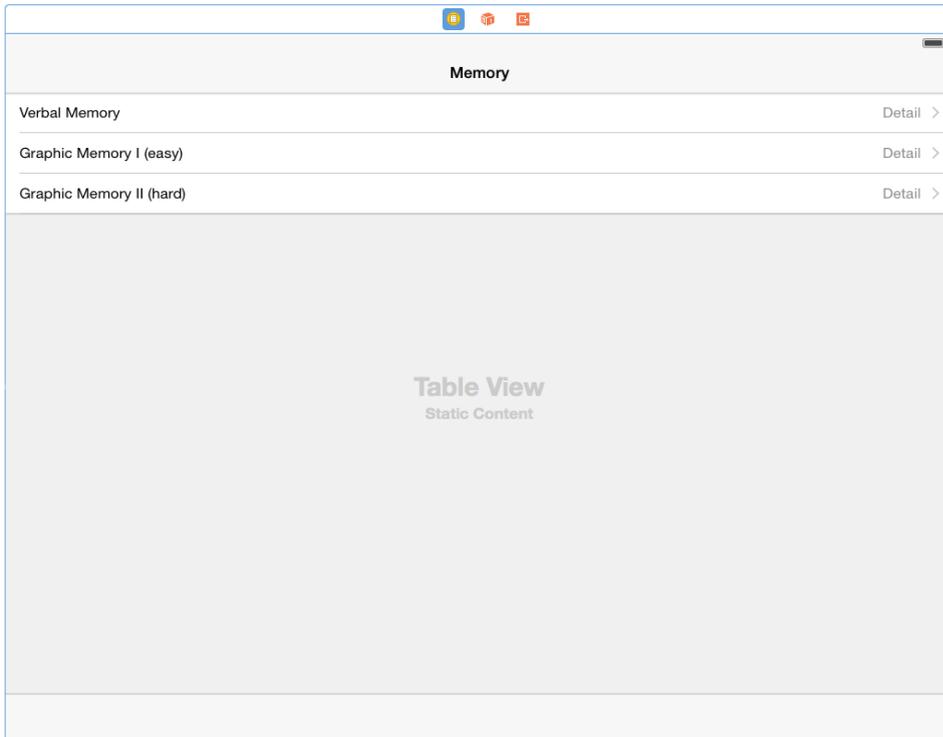


Figura 3. 9 View Controller de los ejercicios de Memoria.

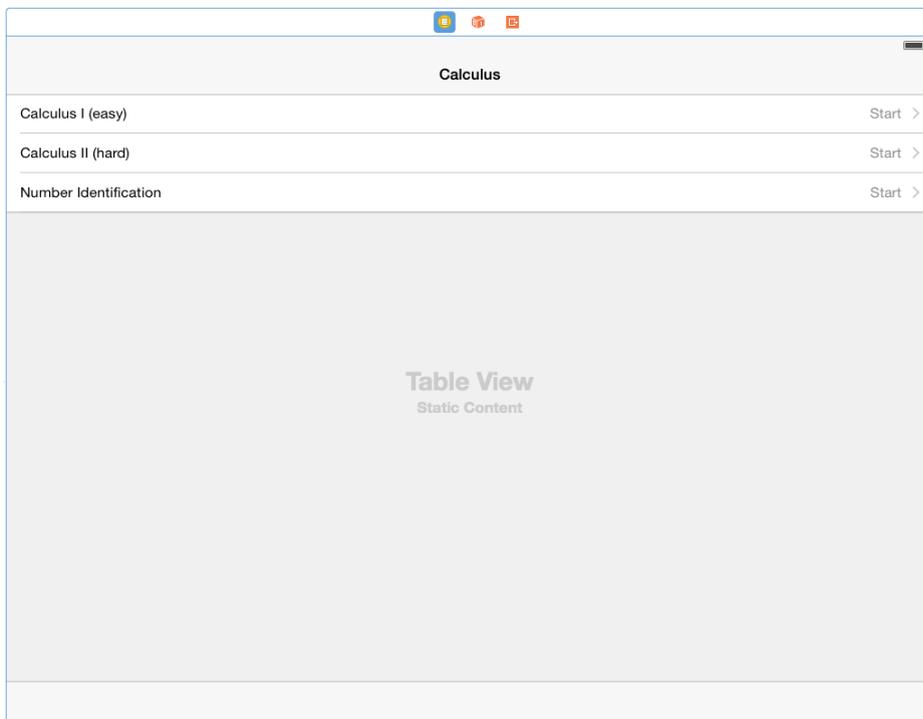


Figura 3.10 View Controller de los ejercicios de Cálculo.

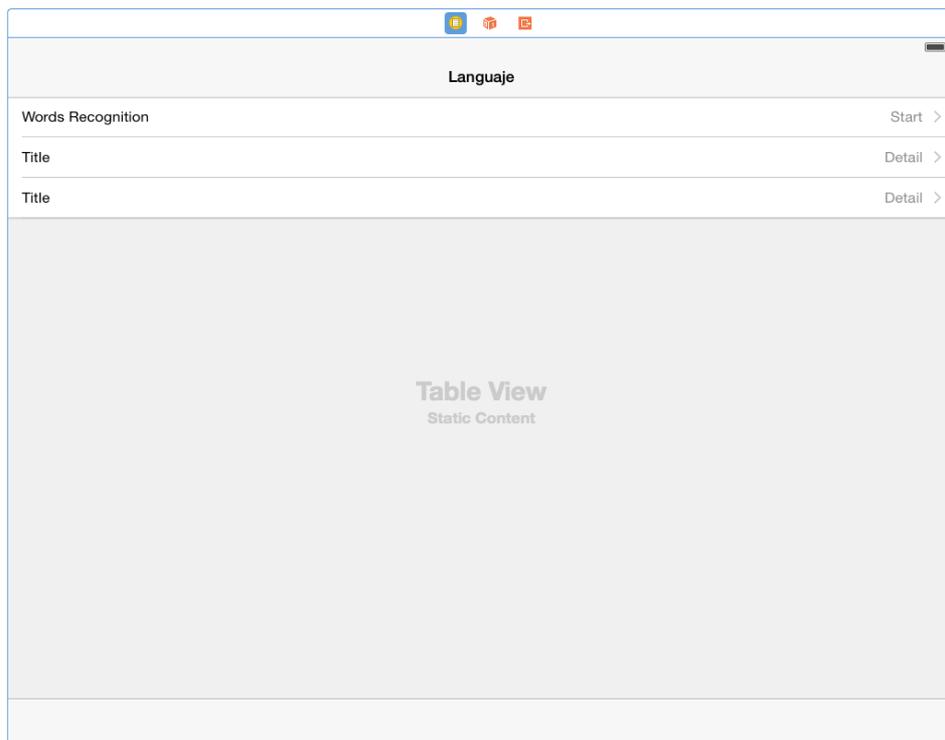


Figura 3.11 View Controller de los ejercicios de Lenguaje.

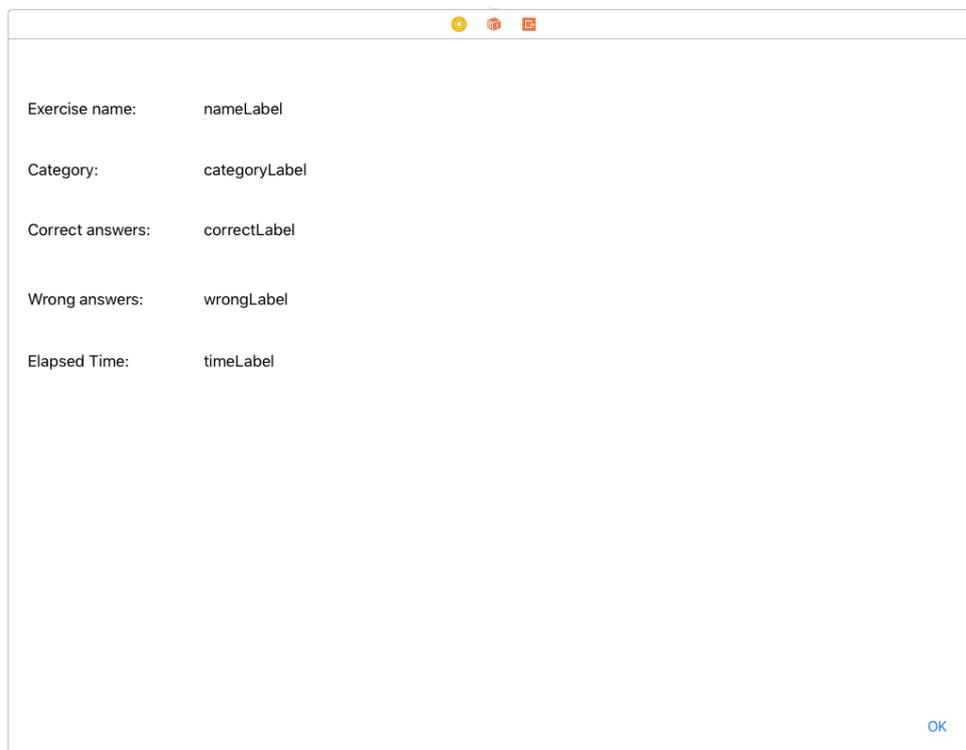


Figura 3.12 View Controller de la pantalla de resultados.

3.3 Los ejercicios

El sistema de rehabilitación cognitiva expuesto consta de un total de 13 ejercicios, divididos en diferentes categorías, cada uno centrándose en un área concreta de la rehabilitación neuropsicológica. Para la realización de los ejercicios se utilizó, al igual que para el resto de la aplicación Xcode. La mayoría de las imágenes de las que constan los ejercicios han sido sacadas de internet, mientras que otras han sido creadas personalmente mediante programas de edición de imagen.

Todos los ejercicios están divididos en varios estados diferentes, siendo comunes varios estados a todos los ejercicios. En función de la interacción del usuario o del vencimiento de un temporizador, se producirá un cambio de estado y se dibujarán unos elementos u otros en la pantalla del dispositivo. Todos los ejercicios constan de un estado de carga, en el que se cargan todos los elementos gráficos de la aplicación, y un estado de finalización, en el que se recopilan todos los datos obtenidos durante la realización del ejercicio en concreto, como son el número de aciertos y de errores obtenidos, así como el tiempo que se ha tardado en realizar el ejercicio. Todos los ejercicios utilizan unos patrones comunes, pero cada uno de ellos está implementado de diferente manera, por lo que pese a que la estructura de todos ellos sea similar, el número de estados o de elementos no tiene por qué coincidir en todos ellos.

En cuanto a la pantalla de puntuaciones en todos los juegos se ha implementado de la misma forma. Una vez que finaliza el ejercicio, ya sea porque se han completado todos los objetivos que se piden o porque se ha excedido el tiempo, desaparecerán todos los elementos gráficos de la pantalla, y aparecerá un botón de fin, el cual, tras pulsarlo, llevará a la pantalla de resultados, en la que aparecerá el nombre del ejercicio realizado, el número de aciertos y fallos que se han producido durante la realización del ejercicio y la posibilidad de guardar el resultado del juego para poder ser visualizado posteriormente y poder ver el progreso evolutivo del paciente.

En los siguientes apartados se van a mostrar los diagramas de flujo asociados a cada uno de los ejercicios de los que consta la aplicación de rehabilitación. Cada apartado hablará de un ejercicio y en él se explicará detalladamente en que consiste dicho ejercicio, y la función de cada estado del diagrama. Cabe destacar que la explicación de cada uno de los ejercicios se va a realizar únicamente de manera funcional y en ningún momento se hará referencia al código utilizado para la realización del mismo.

3.3.1 Ejercicios de atención

En esta sección se encuentran los ejercicios relativos a la mejora de la atención del paciente. En ellos se mostrarán una serie de objetos y se le dará al paciente una indicación sobre que objeto debe tocar, penalizándole en el caso de que toque el objeto incorrecto de forma que se valorará la atención del paciente en tocar el objeto indicado.

3.3.1.1 Atención Selectiva Visual 1

En este ejercicio se le mostrará al paciente un animal en pantalla, al cual deberá tocar. Cada vez que el paciente realice un toque en la pantalla, ya sea habiendo tocado al animal o no, éste se moverá aleatoriamente a una nueva posición de la pantalla a la espera de que el paciente vuelva a realizar una pulsación. Si al realizar una pulsación el paciente toca al animal esto contará como acierto, sumándose un punto a los aciertos, de igual manera que si no toca al animal, esto le contará como fallo, sumándose un punto en los fallos. Cuando se hayan realizado 10 pulsaciones, ya sean sobre el animal o no, este desaparecerá de la pantalla y se dará el ejercicio por concluido, mostrándose el botón de Fin.

En la Figura 3.13 se muestra el diagrama de flujo de Atención Selectiva Visual 1.

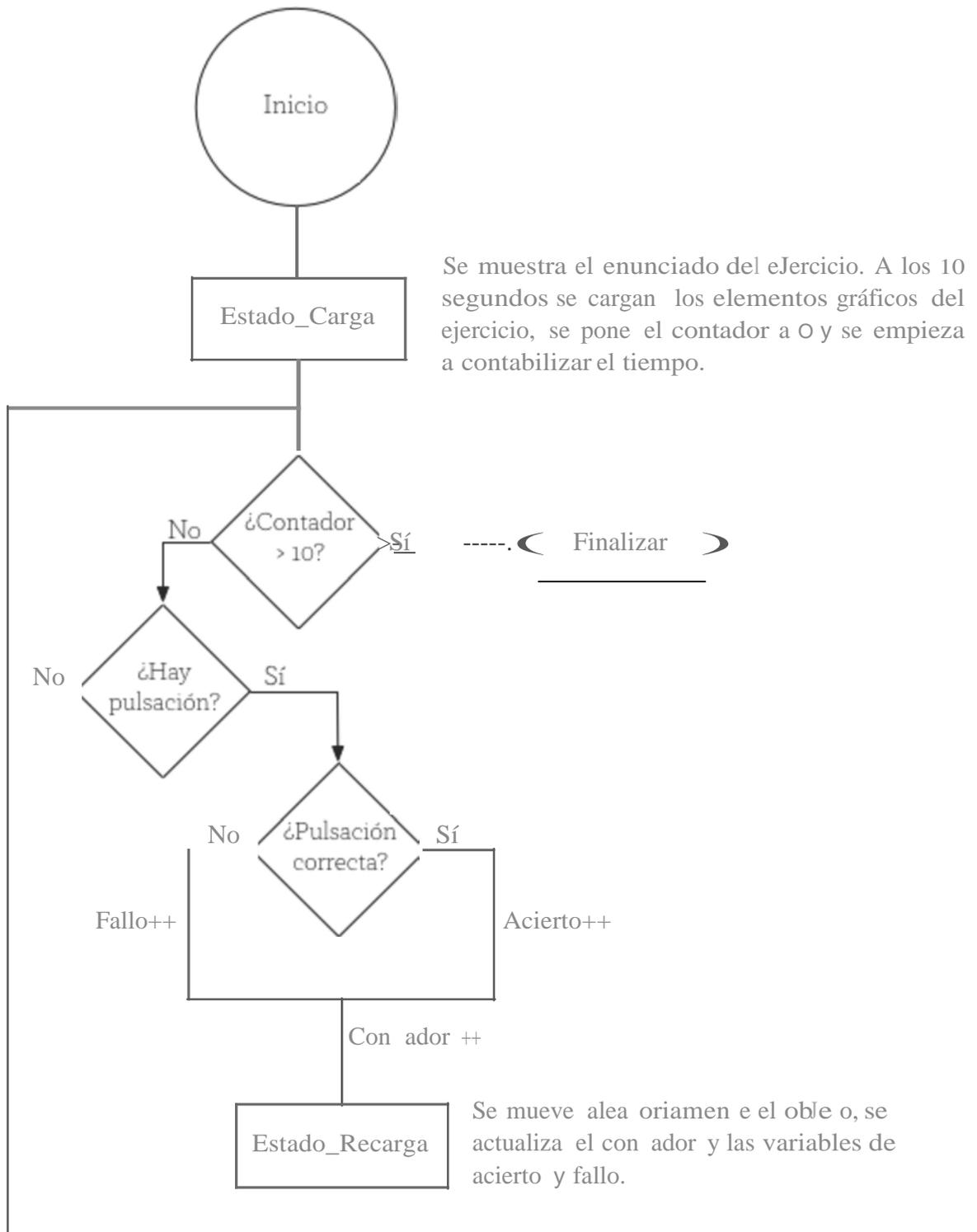


Figura 3.13 Diagrama de flujo de Atención Selectiva Visual 1.

3.3.1.2 Atención Selectiva Visual 2

El objetivo de este ejercicio es el mismo que el del ejercicio anterior, con la salvedad de que en este ejercicio va a aparecer aleatoriamente un elemento distractor. Este elemento distractor es otro animal que aparecerá en pantalla en instantes y posiciones aleatorias durante la realización del ejercicio, lo que dificultará su ejecución, ya que si el paciente toca al elemento distractor, este contará como fallo. Al igual que en el ejercicio anterior, cuando se hayan realizado 10 pulsaciones, este desaparecerá de la pantalla y se dará el ejercicio por concluido, mostrándose el botón de Fin.

Este ejercicio tiene el mismo diagrama de flujo que el ejercicio anterior que se puede ver en la Figura 3.13.

3.3.1.3 Atención Visual de Color

En este ejercicio aparecerán de forma permanente 6 figuras geométricas en pantalla. 5 de ellas aparecerán en color verde, azul o blanco y sólo una de ellas aparecerá de color rojo. El paciente deberá tocar aquella figura geométrica que esté de color rojo. Únicamente cuando el paciente toque la figura de color rojo, todas las figuras cambiarán aleatoriamente de color, quedando una de ellas nuevamente en color rojo, para que vuelva a ser tocada por el paciente. Una vez que el paciente haya realizado correctamente 10 pulsaciones sobre la figura de color rojo, el ejercicio se dará por finalizado, y aparecerá el botón de Fin para guardar los resultados del ejercicio.

En la Figura 3.14 se muestra el diagrama de flujo de Atención Visual de Color.

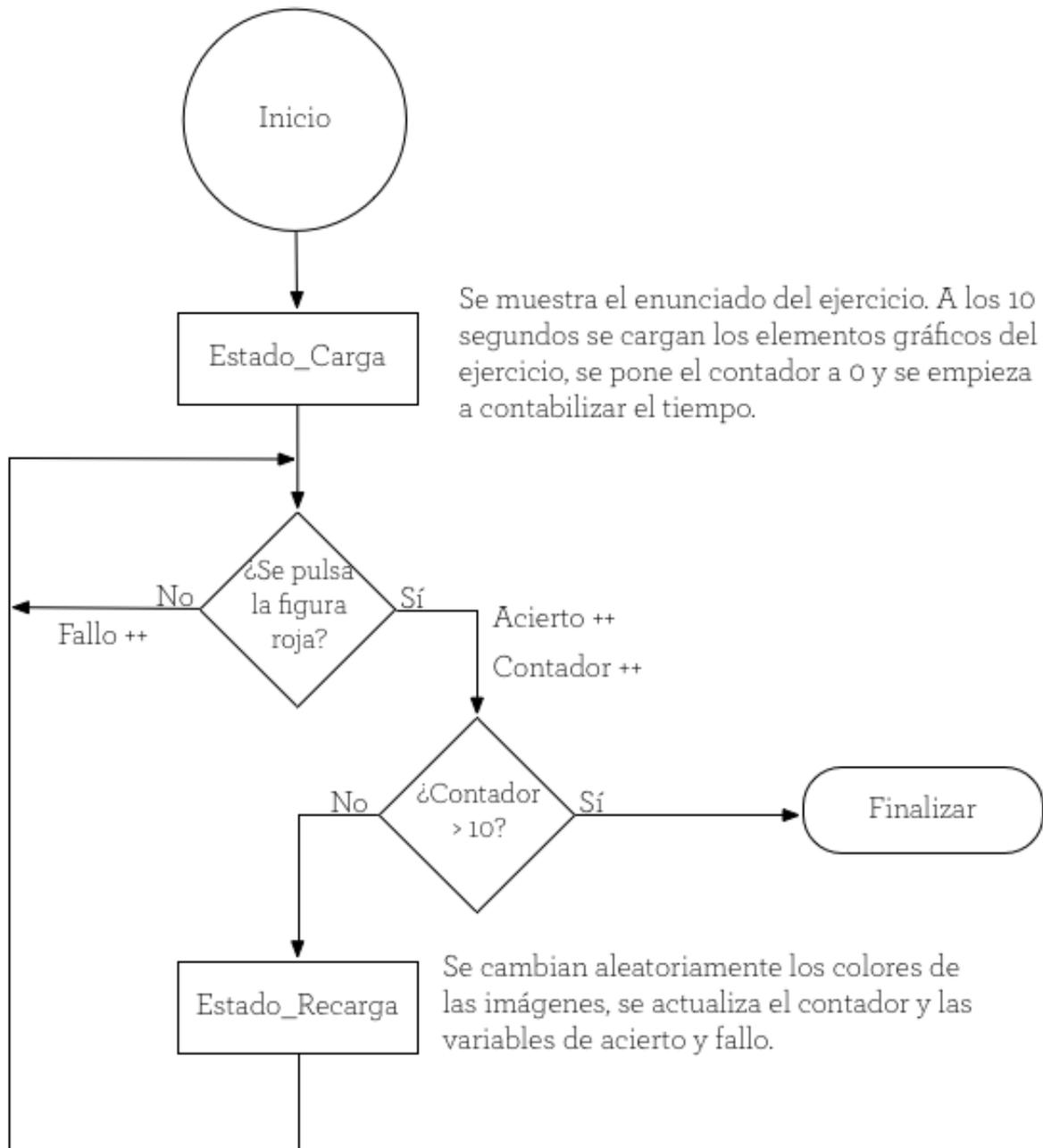


Figura 3.14 Diagrama de flujo de Atención Visual de Color.

3.3.2 Ejercicios de Percepción

En esta sección se mostrarán los ejercicios que permitan la mejora de la percepción del paciente. En estos juegos también se hará uso de imágenes de animales para ayudar al paciente a mejorar su percepción, ya sea de tamaño, colores, formas o percepción en general. De igual forma que en la anterior categoría, en los ejercicios de esta, antes de realizar un ejercicio se mostrará el enunciado del ejercicio, indicándole al paciente el objetivo del mismo.

3.3.2.1 Percepción Gráfica de Colores

En este ejercicio el paciente deberá tocar todas las figuras que tengan el mismo color que una figura de muestra. Estas figuras serán unos rombos. La figura de muestra aparecerá en la parte superior derecha de la pantalla y tendrá un color aleatorio. Debajo aparecerán diez rombos y el paciente deberá tocar aquel que tenga el mismo color que el rombo de muestra. Cada vez que el paciente toque correctamente la figura con el mismo color que la figura de muestra, esta cambiará aleatoriamente de color. Cuando se hayan realizado diez ejecuciones del ejercicio este dará por concluido y aparecerá el botón de Fin.

En la Figura 3.15 se muestra el diagrama de flujo de Percepción Gráfica de Colores.

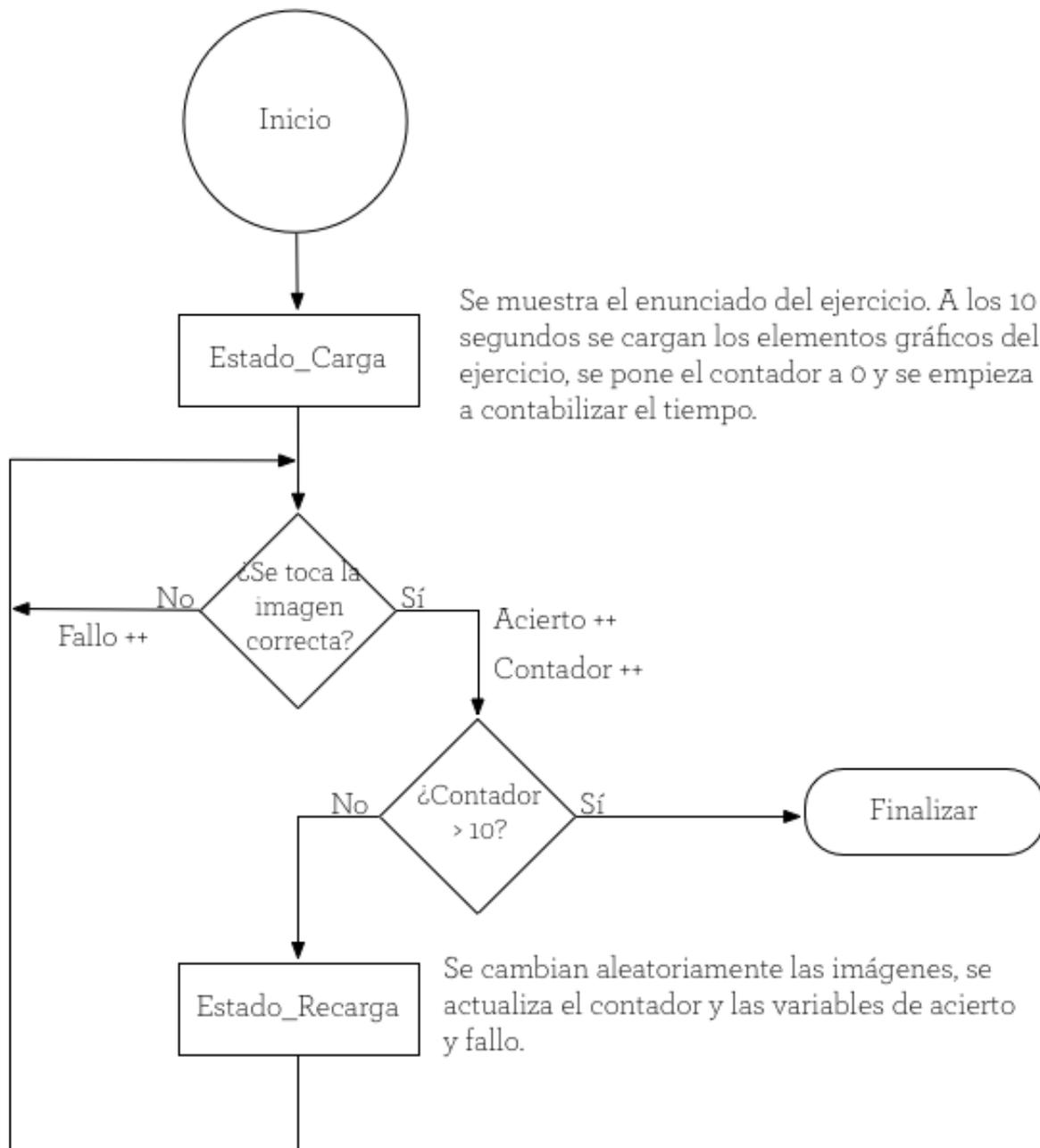


Figura 3.15 Diagrama de flujo de Percepción Gráfica de Colores.

3.3.2.2 Percepción de Tamaños

En este ejercicio aparecerán en la pantalla dos imágenes de animales, una más grande que la otra. Los animales que se mostrarán serán un elefante, un rinoceronte, una cebra, un perro, un loro y un ratón y lo que deberá hacer el paciente es tocar en el animal que en la realidad es de un tamaño mayor, independientemente de que aparezca del tamaño que tenga en la pantalla.

En la Figura 3.16 se muestra el diagrama de flujo de Percepción de Tamaños.

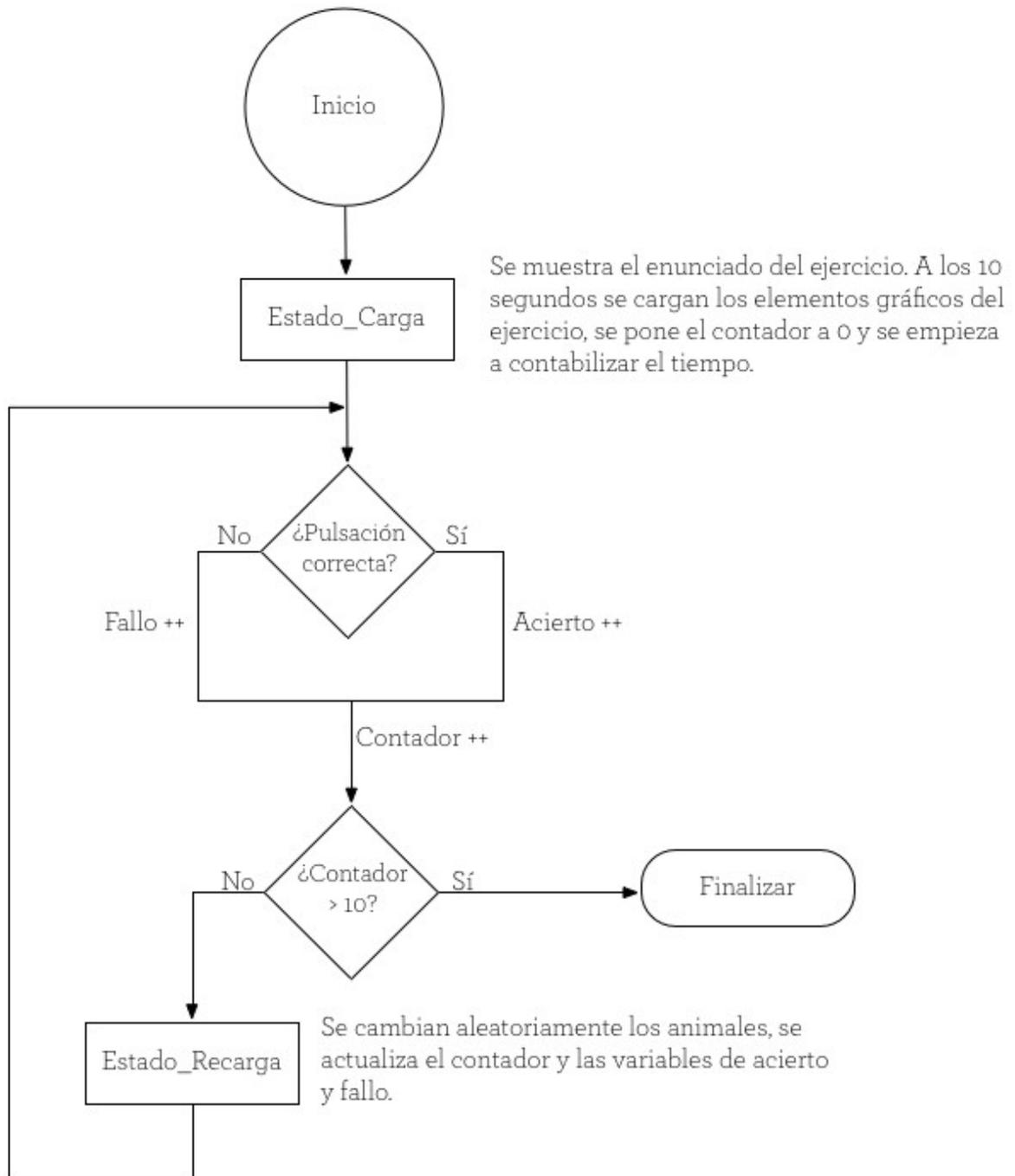


Figura 3.16 Diagrama de flujo de Percepción de Tamaños.

3.3.2.3 Percepción de Formas

En este ejercicio el paciente deberá colocar una serie de figuras geométricas en la posición que les corresponde. En el centro de la pantalla aparecerán 5 figuras geométricas de color blanco, y en los laterales de la pantalla aparecerán aleatoriamente esas mismas cinco figuras de color. El paciente tocando sobre una figura y arrastrando deberá llevar cada figura de color a su correspondiente posición en el centro de la pantalla. Una vez que se haya colocado correctamente cualquiera de las figuras coloreadas, esta se bloqueará y no podrá moverse. Cuando todas las figuras estén colocadas correctamente en su correspondiente posición el ejercicio dará por concluido y aparecerá el botón de Fin en la pantalla.

En la Figura 3.17 se muestra el diagrama de flujo de Percepción de Formas

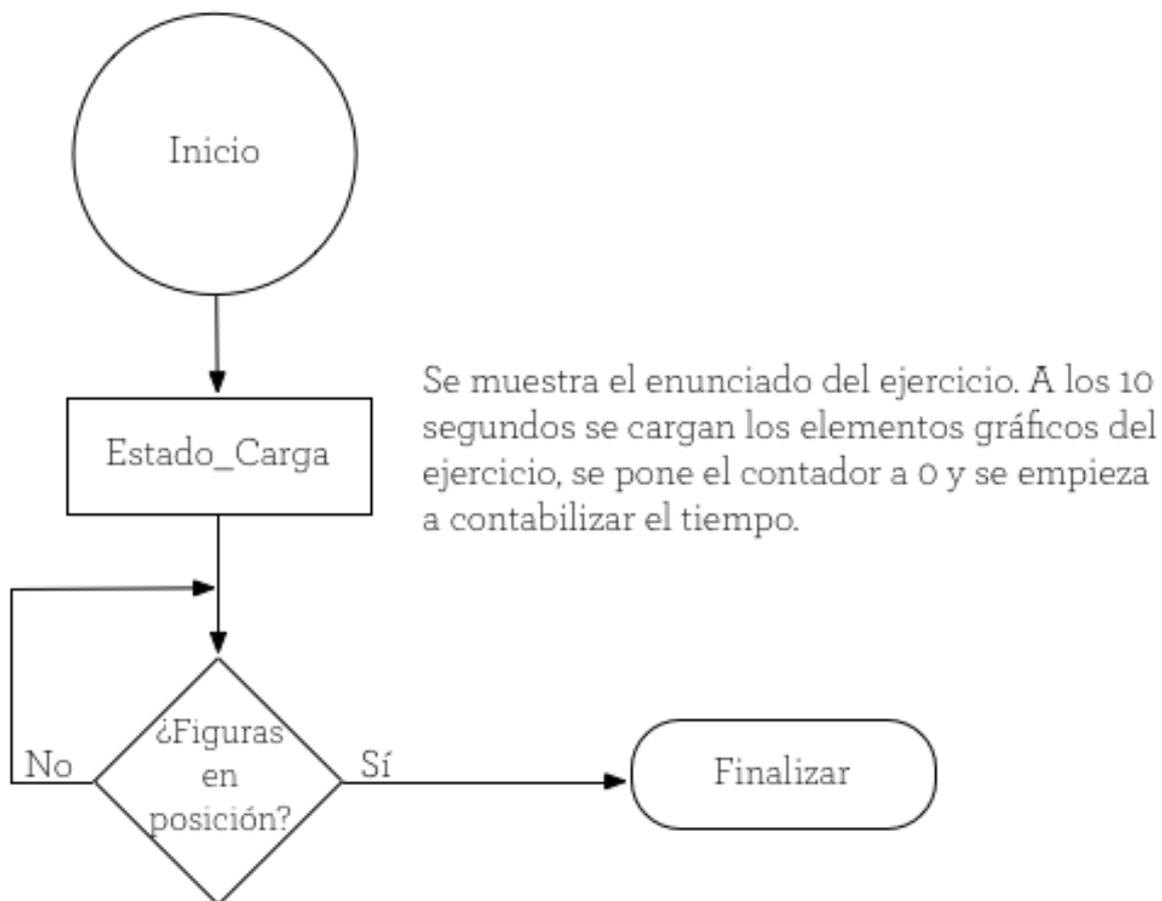


Figura 3.17 Diagrama de flujo de Percepción de Formas.

3.3.2.4 Percepción de Localización

Este ejercicio básicamente es un laberinto. Se mostrará aleatoriamente uno de tres laberintos en el que se mostrará al paciente el lugar en el que tiene que empezar. Cada uno de los laberintos tendrá tres salidas denominadas A, B y C, siendo en cada laberinto únicamente una la salida correcta. Para facilitarle al paciente la labor de encontrar la salida correcta a cada laberinto este podrá trazar líneas sobre la pantalla siguiendo el camino que crea correcto, sin embargo una vez descubierta la salida correcta deberá tocar el botón correspondiente a la misma. Una vez haya tocado dicho botón aparecerá el botón de Fin.

En la Figura 3.18 se muestra el diagrama de flujo de Percepción de Localización.

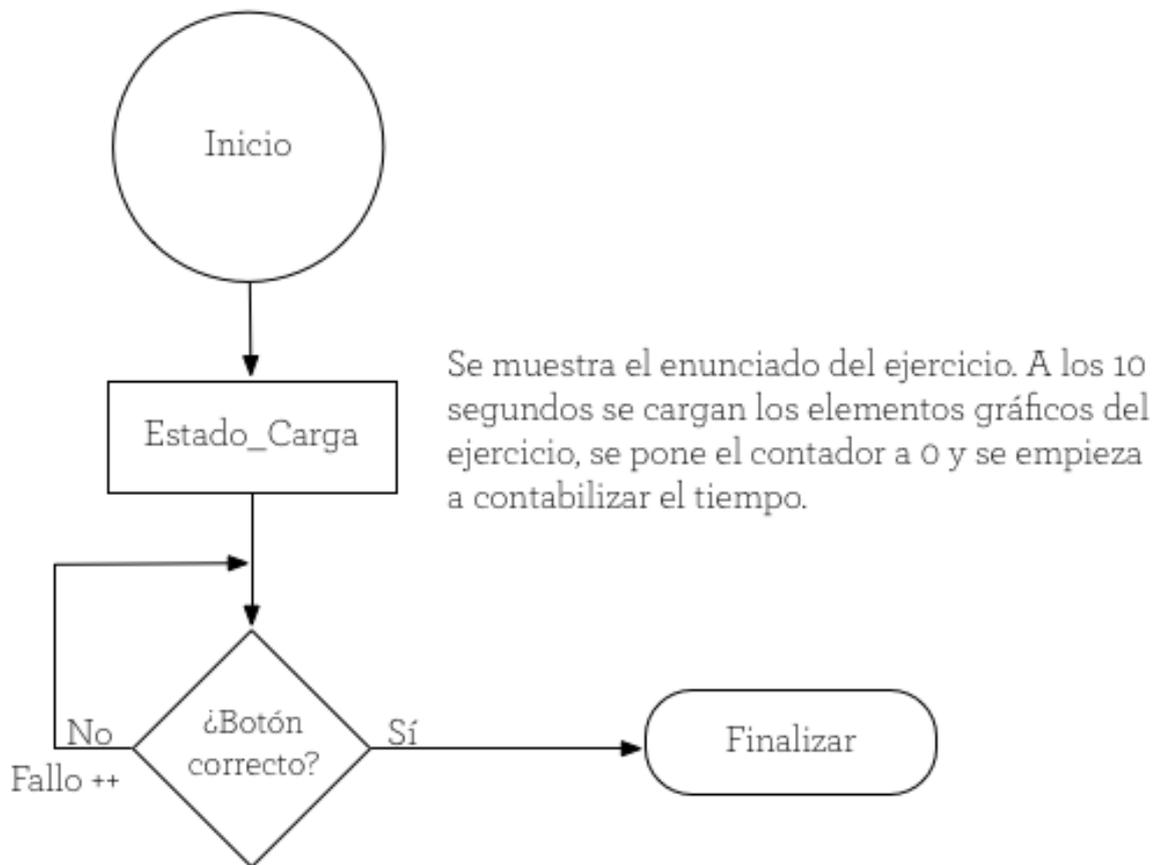


Figura 3.18 Diagrama de flujo de Percepción de Localización.

3.3.3 Ejercicios de Memoria

En esta sección se mostrarán los ejercicios que permitirán la ejercitación de la memoria del paciente. Mediante el uso de imágenes se le pedirá al paciente que memorice una serie de imágenes para posteriormente reconocerlas.

3.3.3.1 Memoria Verbal

En este ejercicio se le presentarán al paciente una serie de palabras, de forma gráfica por pantalla, las cuales tendrá que memorizar. Posteriormente las palabras desaparecerán y aparecerán esas mismas palabras junto con otras palabras. El paciente deberá reconocer las palabras iniciales de entre todas las palabras que aparecieron.

En la Figura 3.19 se muestra el diagrama de flujo de Memoria Verbal.

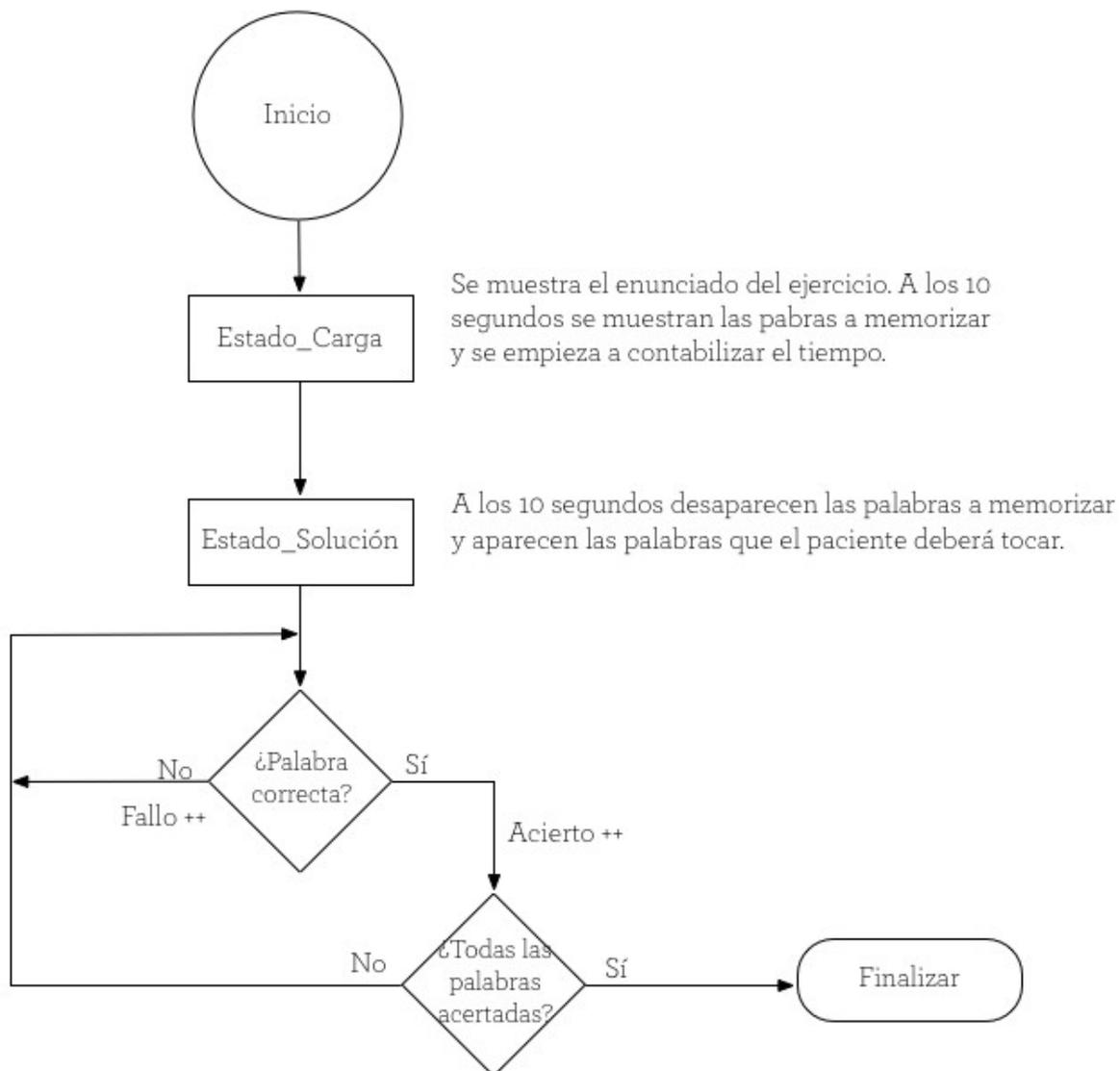


Figura 3.19 Diagrama de flujo de Memoria Verbal.

3.3.3.2 Memoria Gráfica 1

En este ejercicio el paciente deberá memorizar una serie de imágenes que aparecerán en pantalla tras el enunciado del ejercicio. Transcurrido un tiempo, las imágenes desaparecerán a memorizar desaparecerán, y aparecerá un conjunto mayor de imágenes de las que el paciente deberá tocar única y exclusivamente aquellas que aparecieron para que memorizara.

En la Figura 3.20 se muestra el diagrama de flujo de Memoria Gráfica 1.

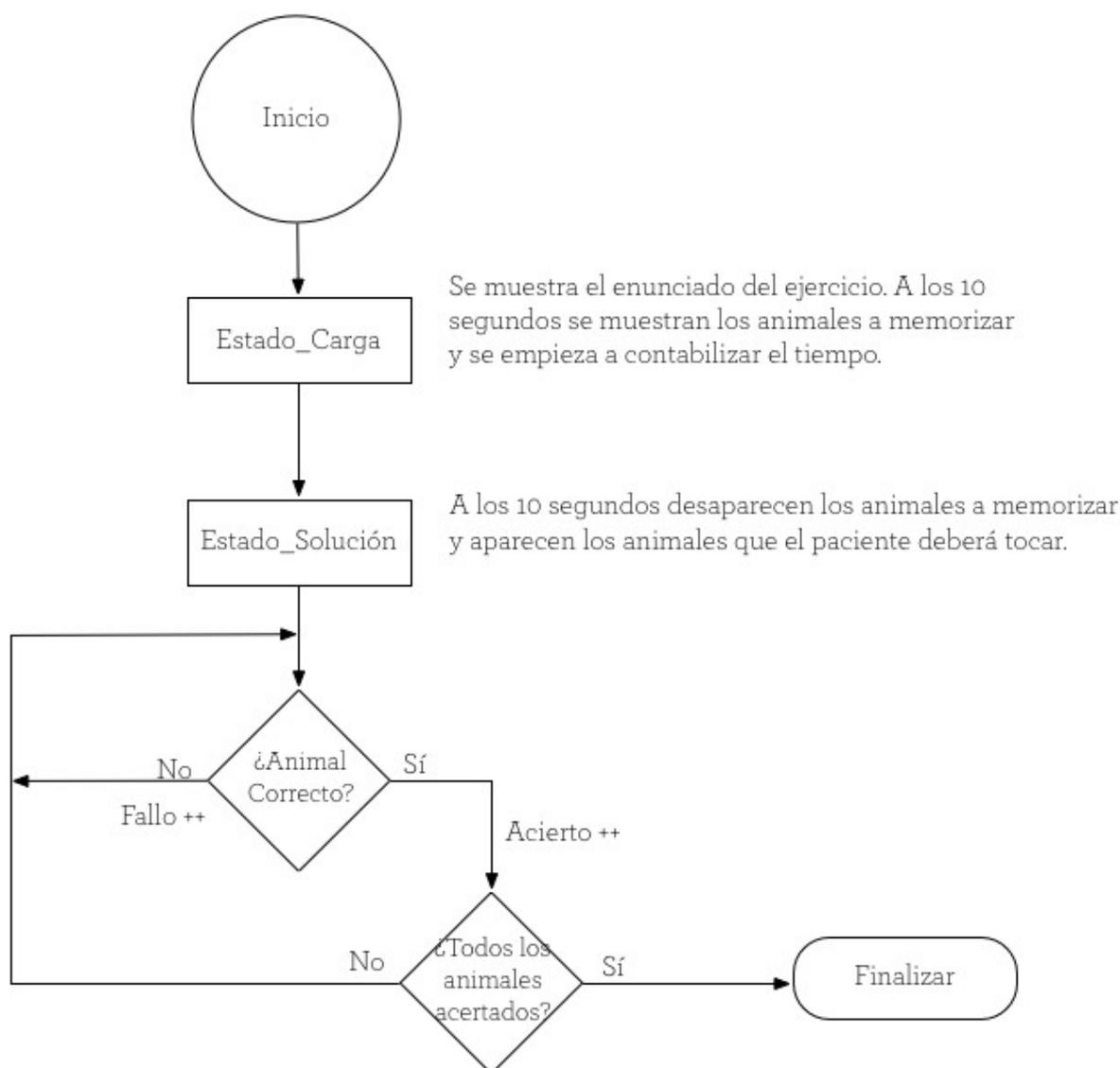


Figura 3.20 Diagrama de flujo de Memoria Gráfica 1.

3.3.3.3 Memoria Gráfica 2

El objetivo de este ejercicio es el mismo que el del ejercicio anterior, con la salvedad de que en este ejercicio el número de imágenes a memorizar es mayor, empleando el mismo tiempo en memorizar que en el ejercicio anterior, por lo que la complejidad de este ejercicio es más elevada.

El diagrama de flujo de este ejercicio es exactamente igual que el de Memoria Gráfica 1 que se puede ver en la Figura 3.20.

3.3.4 Ejercicios de Cálculo

En esta sección se encuentran los ejercicios de Cálculo. En ellos se le mostrarán al paciente ejercicios sencillos con operaciones matemáticas que deberá resolver en el menor tiempo posible. Con estos ejercicios se pretende que el paciente mejore su capacidad para realizar cuentas mentales sencillas.

3.3.4.1 Cálculo 1

En este ejercicio se le presentan al paciente una serie de operaciones matemáticas de fácil resolución, entre las que hay operaciones de suma, resta y multiplicación. No han sido incluidas divisiones ya que al ser números aleatorios, en las divisiones podía haber números decimales. Una vez realizadas todas las operaciones el paciente comprobará el resultado de las mismas mediante la pulsación de un botón, y se mostrará al lado de cada operación un tic o una cruz, dependiendo si el resultado es correcto o no. Al finalizar el ejercicio se contará el número de fallos y aciertos obtenido y el número de intentos.

En la Figura 3.21 se puede ver el diagrama de flujo de Cálculo 1.

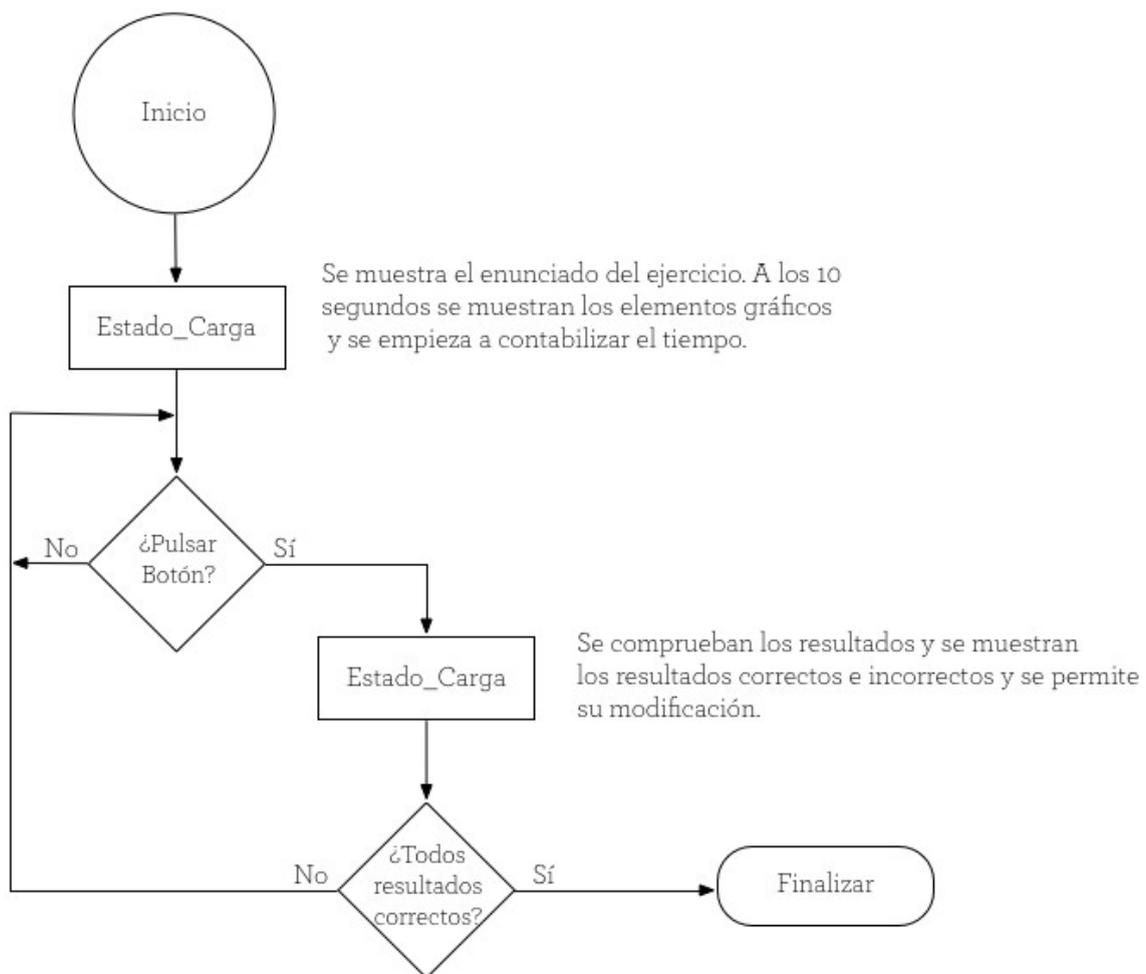


Figura 3.21 Diagrama de flujo de Cálculo 1.

3.3.4.2 Cálculo 2

El objetivo de este ejercicio es el mismo que el del ejercicio anterior. Se le mostrará al paciente una serie de operaciones matemáticas para su resolución, con la salvedad de que en este ejercicio las operaciones matemáticas son más complejas.

El diagrama de flujo de este ejercicio es exactamente igual al diagrama de flujo de cálculo 1, mostrado en la Figura 3.21.

3.3.5 Ejercicios de Lenguaje

En esta sección se encuentran los ejercicios de lenguaje. En estos ejercicios se mostrarán palabras o letras al paciente y deberá reconocerlas a partir de una locución en la que sonará una palabra de las expuestas. Con estos ejercicios se quiere comprobar si el paciente es capaz de asociar las palabras que escucha con las que tiene escritas y es capaz de distinguir entre palabras parecidas.

3.3.5.1 Lenguaje auditivo de palabras

En este ejercicio se le presentarán al paciente dos palabras con cierta semejanza, y sonará una locución con una de ellas. El paciente deberá seleccionar de entre esas dos palabras aquella que haya escuchado en la locución. Cuando el paciente toque una palabra aparecerá al lado un tic o una equis dependiendo de si ha acertado o fallado y aparecerán dos nuevas palabras con su correspondiente locución, así hasta cinco secuencias de 2 palabras. Cuando el paciente complete la quinta secuencia aparecerá el botón de Fin y el ejercicio dará por concluido.

En la Figura 3.22 se muestra el diagrama de flujo de la Lenguaje auditivo de palabras.

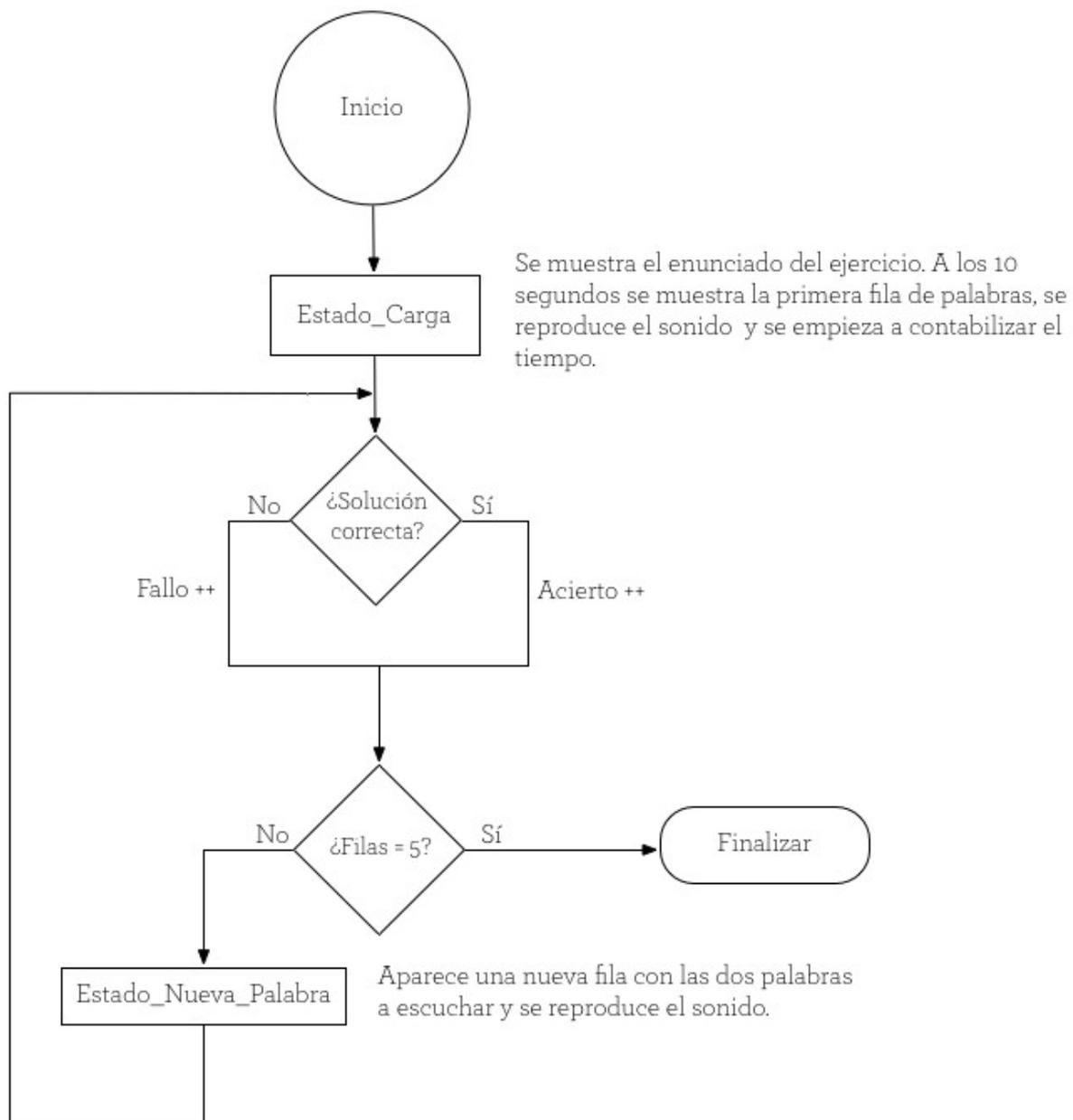


Figura 3.22 Diagrama de flujo de Lenguaje Auditivo de Palabras.

3.4 El almacenamiento de datos

Una parte fundamental de la aplicación de rehabilitación es el almacenamiento de los datos, tanto los datos personales de los pacientes como los datos relativos a los resultados de los ejercicios. A continuación se va a proceder a explicar el sistema de almacenamiento de los datos de la aplicación, así como de las posibles alternativas que se han planteado y el porqué de la elección final elegida.

Durante el desarrollo de la aplicación se plantearon distintos métodos de almacenamiento de datos. Una de las alternativas planteadas fue el uso de SQLite. Utilizar SQLite fue la primera opción planteada ya que es una herramienta que viene integrada en el sistema operativo de Apple, es ligera, funciona como parte de la propia aplicación y no requiere servicios extra, es muy fiable y es muy rápida. Sin embargo la mayor limitación de usar esta tecnología reside en que el almacenamiento de los datos es local y por lo tanto sólo son accesibles desde el dispositivo en el que están almacenados. Esto es un gran inconveniente sobre todo para las fundaciones que trabajan con pacientes con deterioro cognitivo. Estas fundaciones suelen tener más de un dispositivo, y al almacenar los datos de manera local tendrían que saber en qué dispositivo están almacenados los datos de cada paciente, por lo que se vio que esta solución era inviable.

Por lo tanto se llegó a la conclusión de que la mejor manera de almacenar los datos era mediante la creación de una base de datos en un servidor externo usando MySQL por dos sencillas razones. En primer lugar MySQL es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más popular en la actualidad, y en segundo lugar por la accesibilidad, ya que al tener la base de datos alojada en un servidor externo, cualquier dispositivo que disponga de la aplicación de rehabilitación sería capaz de acceder a los datos de todos los pacientes, y no sólo a los datos almacenados en el dispositivo. Además, si en un futuro esta aplicación se desarrollara para dispositivos móviles con otros sistemas operativos, ya sea Android o Windows Phone, estos dispositivos podrían acceder igualmente a la base de datos de los pacientes y tener a disposición todos sus resultados y datos personales.

Para la creación del servidor externo se ha optado por emplear la herramienta MAMP, ya que cuenta con todas las características necesarias para crear un servidor remoto y poder crear una base de datos. Como servidor web se ha utilizado Apache. La base de datos y las distintas tablas han sido creadas con la herramienta phpMyAdmin.

Como se puede ver en la Figura 3.23 la tabla de datos tiene el nombre el nombre de TFG y consta de dos tablas en las que se guardarán los datos, Users y Game_sesion.



Figura 3.23 Base de datos TFG y sus tablas.

La tabla Users será donde se almacenará la información de los usuarios, es decir, su nombre y apellidos, su DNI y su fecha de nacimiento. Consta de un campo que es un identificador de usuario, que se auto incrementa.

Name
<u>id_user</u>
nif
name
surname
birth_date

Figura 3.24 Contenido de la tabla Users.

En la tabla Game_sesion se almacenarán los resultados de los juegos realizados por los pacientes. Estos datos son, la categoría y subcategoría a la que pertenece el ejercicio realizado, el tiempo empleado en completar el ejercicio, el número de respuestas correctas e incorrectas, el usuario que ha realizado dicho juego y la fecha en la que se ha realizado.

Name
<u>id_session</u>
gameName
gameCategory
time
right_answers
wrong_answers
id_user
date_time

Figura 3.25 Contenido de la tabla Game_sesion.

Ahora vamos a ver los pasos que hay que realizar para insertar un paciente nuevo desde la aplicación. Desde la pestaña de Nuevo Paciente se procederá a la inserción de los datos que se piden por pantalla, tal y como se puede ver en la Figura 3.26.

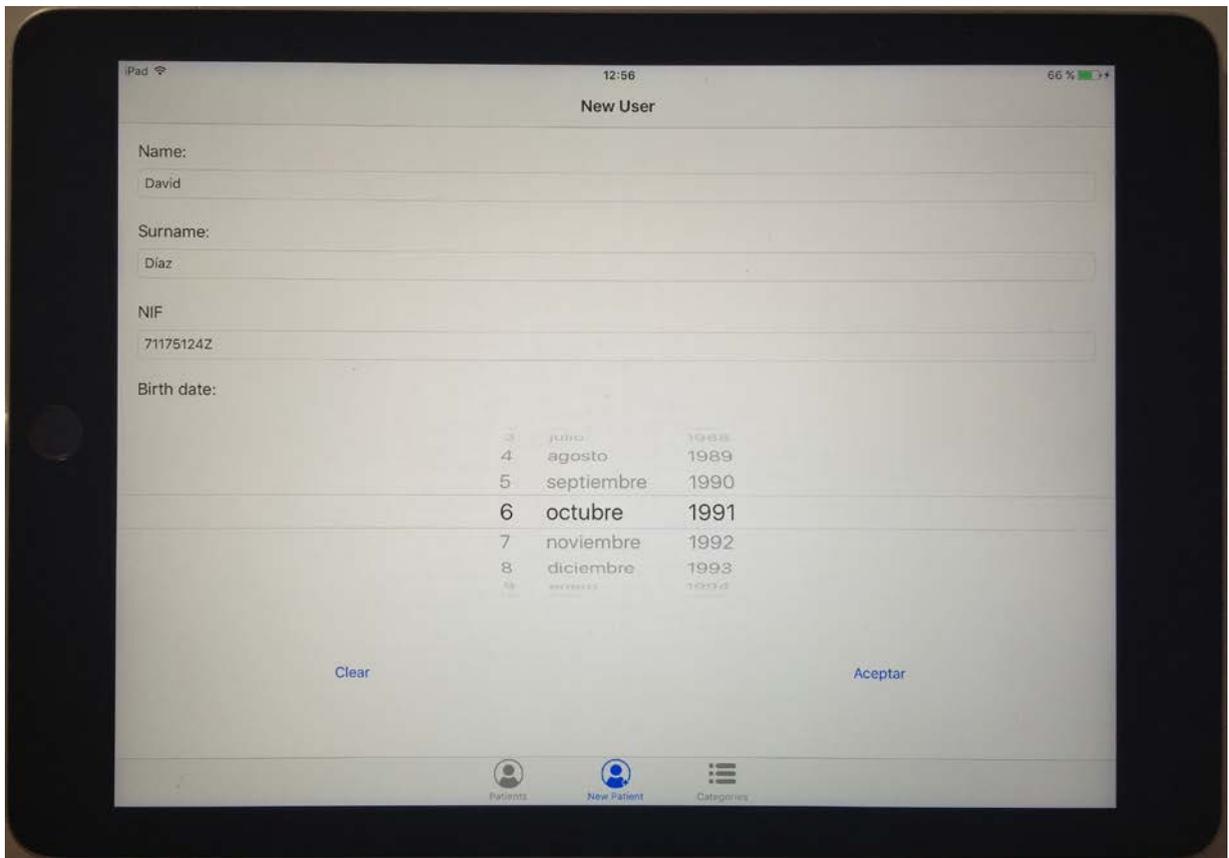


Figura 3.26 Sección de la aplicación para la inserción de un Paciente Nuevo.

En el caso de pulsar el botón de Aceptar habiendo dejado alguno de los campos de datos vacío, la aplicación mandará un aviso en forma de ventana emergente, tal y como se puede ver en la Figura 3.27, pidiéndole al usuario que rellene aquel campo que ha quedado sin ser rellenado.

Hasta que el usuario no haya rellenado todos los campos de datos la aplicación no le permitirá registrar al nuevo paciente.

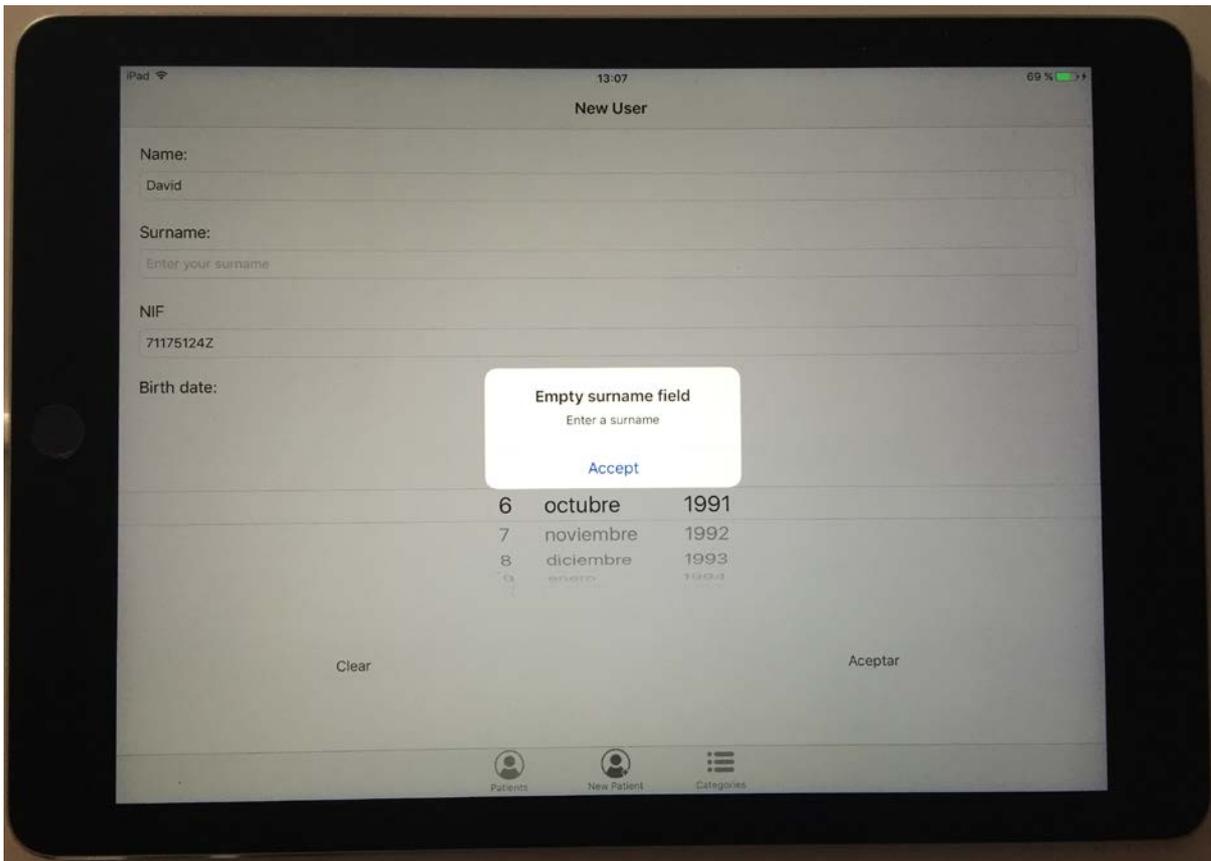


Figura 3.27 Aviso de que falta de introducir el apellido del paciente.

Una vez que se han rellenado todos los campos y presionado el botón Aceptar, los datos son enviados a la base de datos y almacenados en la tabla Users y además aparecen los datos en la tabla de la sección Usuarios, tal y como se puede ver en la Figura 3.28.

En esta sección aparecerán todos los pacientes que se hayan registrado usando la aplicación y se podrá ver su información personal así como los resultados en los ejercicios.

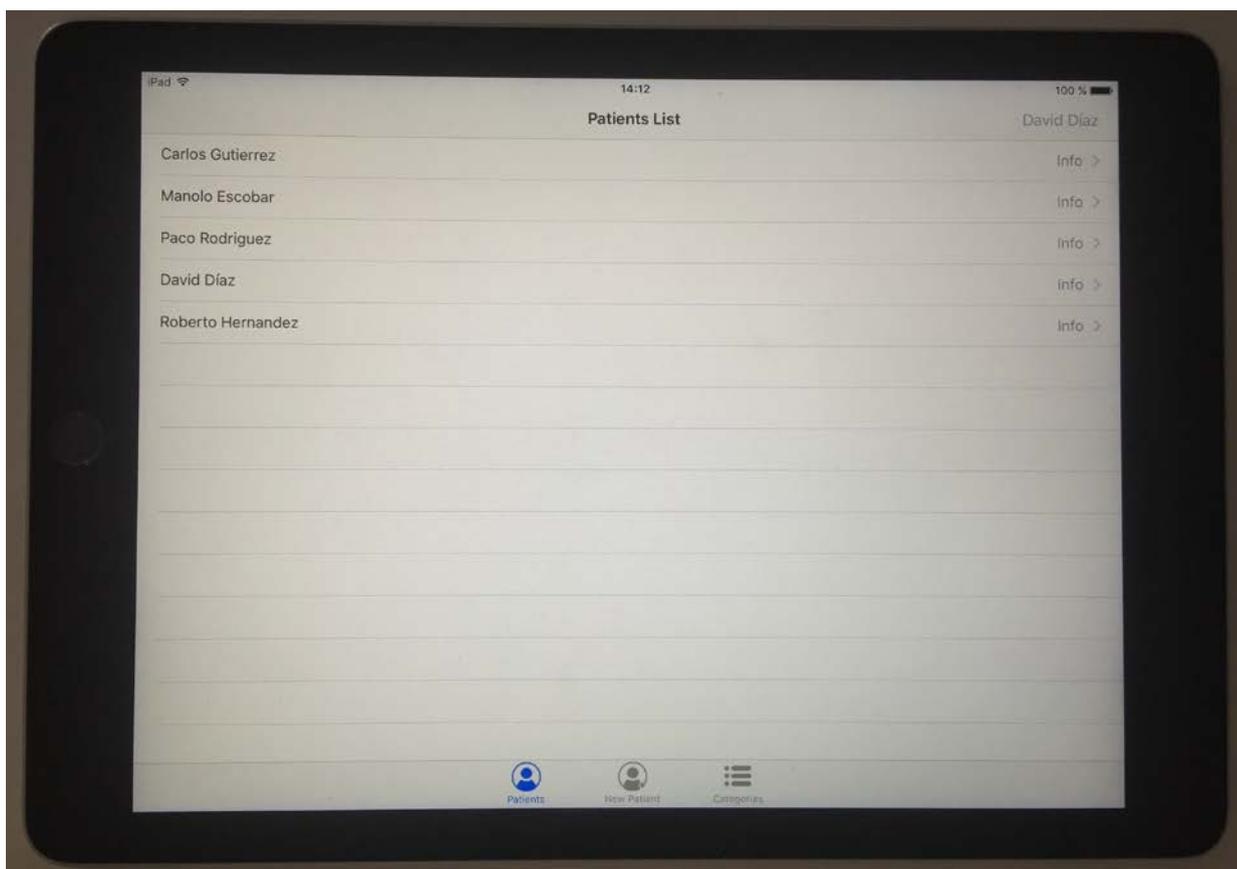


Figura 3.28 Sección donde aparecen todos los pacientes registrados en el sistema.

Capítulo 4: Descripción Funcional de la Aplicación

En este capítulo se va a hacer un recorrido por la aplicación, mostrando todas las posibles opciones que se pueden realizar en cada una de las secciones de las que consta la misma. Así mismo se irán adjuntando imágenes de cada una de las secciones de las que se hable, tomadas directamente de un iPad desde el que se está ejecutando la aplicación.

4.1 Manual de Usuario

Nada más abrir la aplicación nos vamos a encontrar con la pantalla principal. Esta pantalla está dividida en 3 secciones, Pacientes, Nuevo Paciente y Categorías. Por defecto la aplicación se abre en la primera de las pestaña, la pestaña de Pacientes.

En la primera pestaña nos va a aparecer el listado de todos los pacientes que se encuentren registrados en el sistema, tal y como podemos ver en la Figura 4.1. Desde aquí podemos acceder a cualquiera de las otras dos pestañas o bien acceder a la información de cada uno de los pacientes.

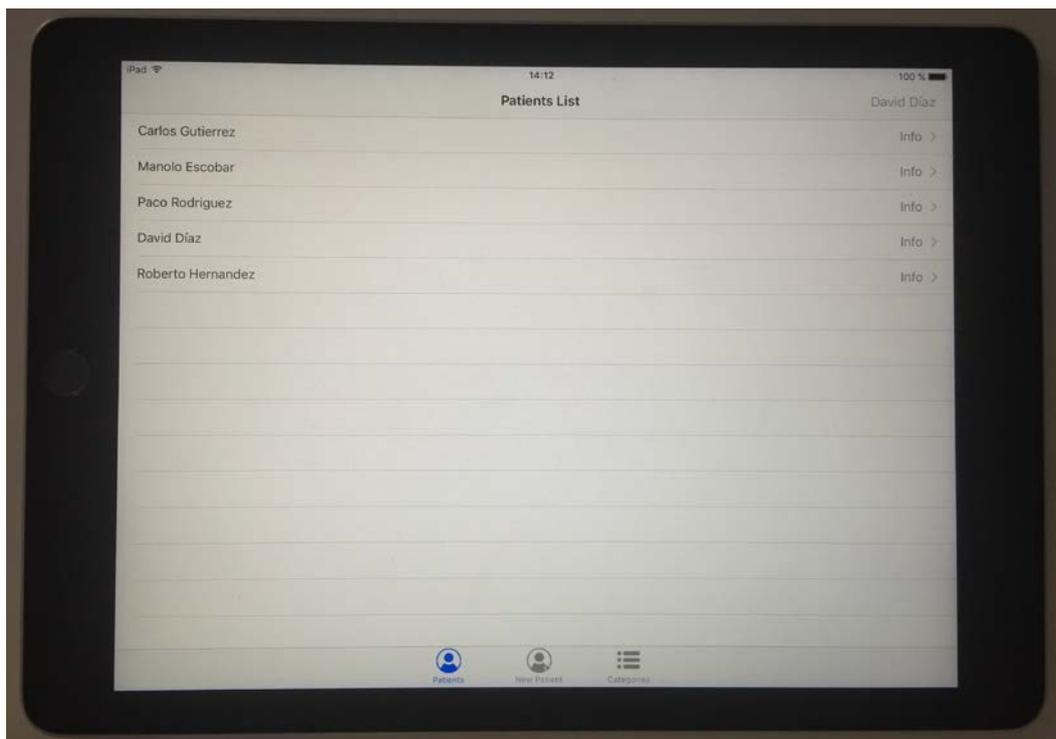


Figura 4.1 Pestaña Pacientes, donde se muestran todos los pacientes registrados.

Al lado del nombre de cada uno de los pacientes se encuentra el botón de información. Al pulsar este botón, se accederá a la información del paciente en cuestión, mostrando sus datos personales completos. Pulsando el botón de información de progreso se podrán ver todos los ejercicios que ha realizado dicho paciente, mostrando la fecha de realización, el nombre y la categoría a la que pertenece, los aciertos y fallos cometidos y el tiempo que se ha tardado en realizar el ejercicio. En la Figura 4.2 podemos ver los datos de un paciente registrado en el sistema dónde se muestran todos sus datos y en la Figura 4.3 el progreso en los ejercicios.

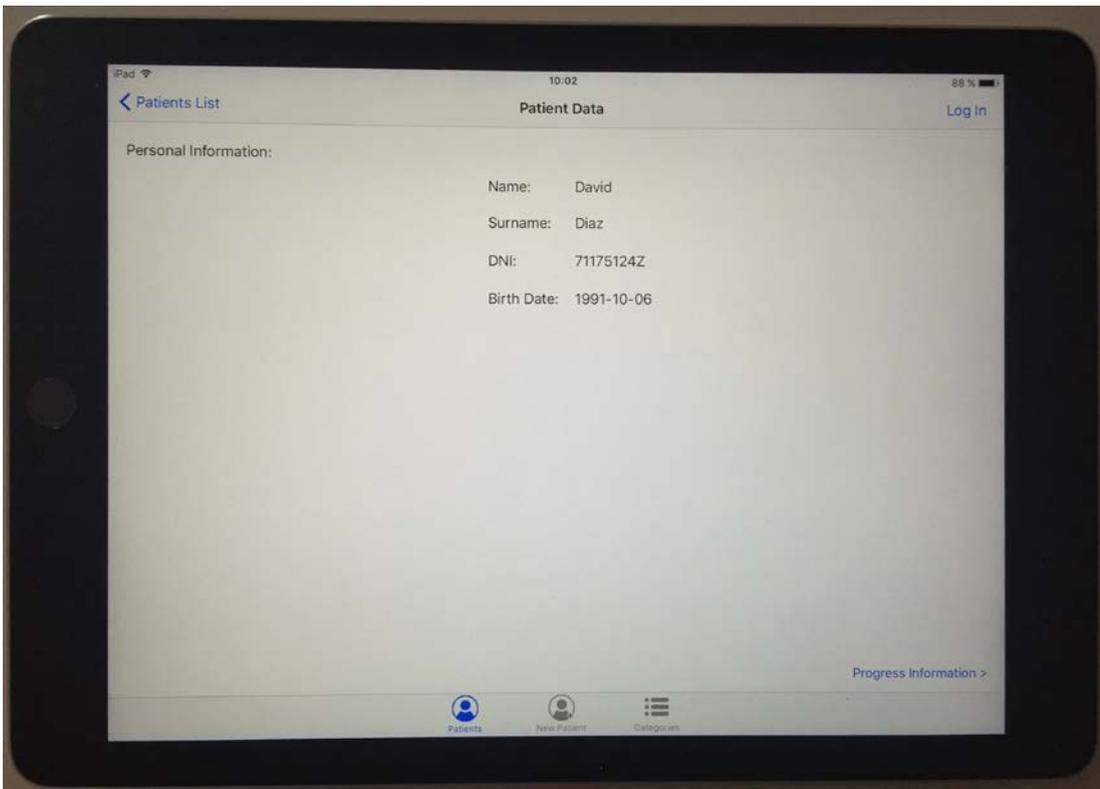


Figura 4.2 Datos personales de los pacientes.

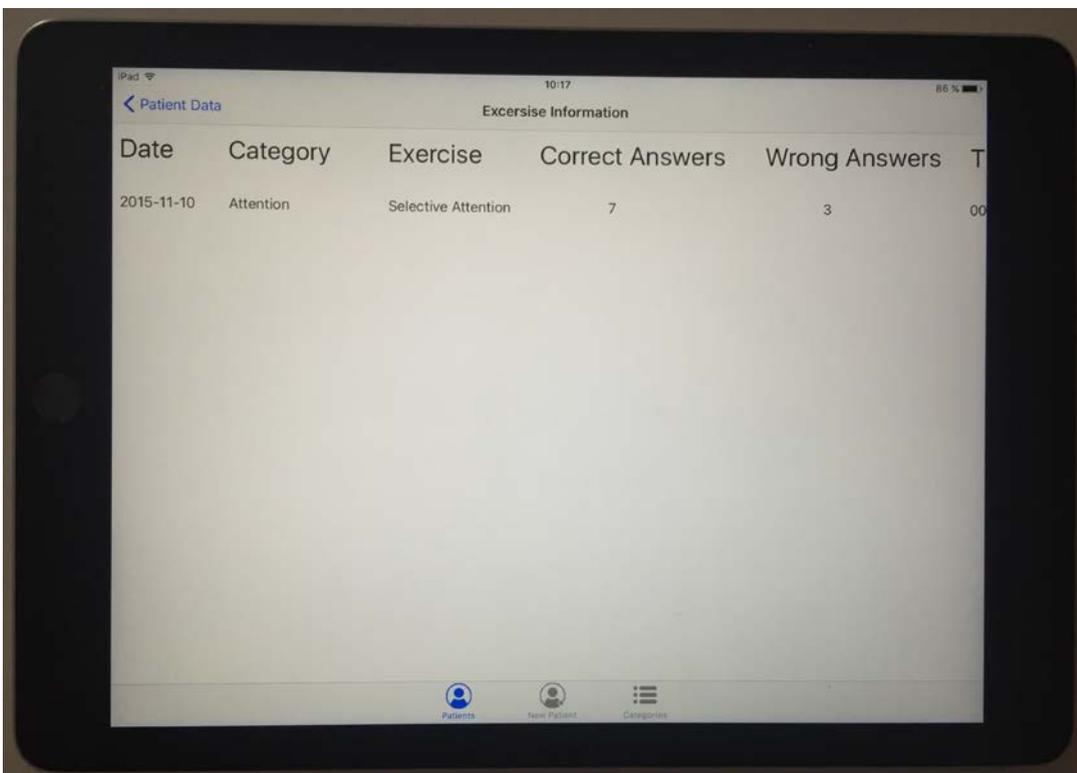


Figura 4.3 Datos de los ejercicios realizados por el paciente.

La segunda pestaña de la página principal es la de Nuevo Paciente, la cual está representada en la Figura 4.4. Esta pestaña es para la inserción de nuevos pacientes para registrarlos en la base de datos. Una vez rellenados todos los datos que se piden se guardará la información del nuevo paciente en la base de datos y aparecerá en la lista de pacientes de la Figura 4.1.

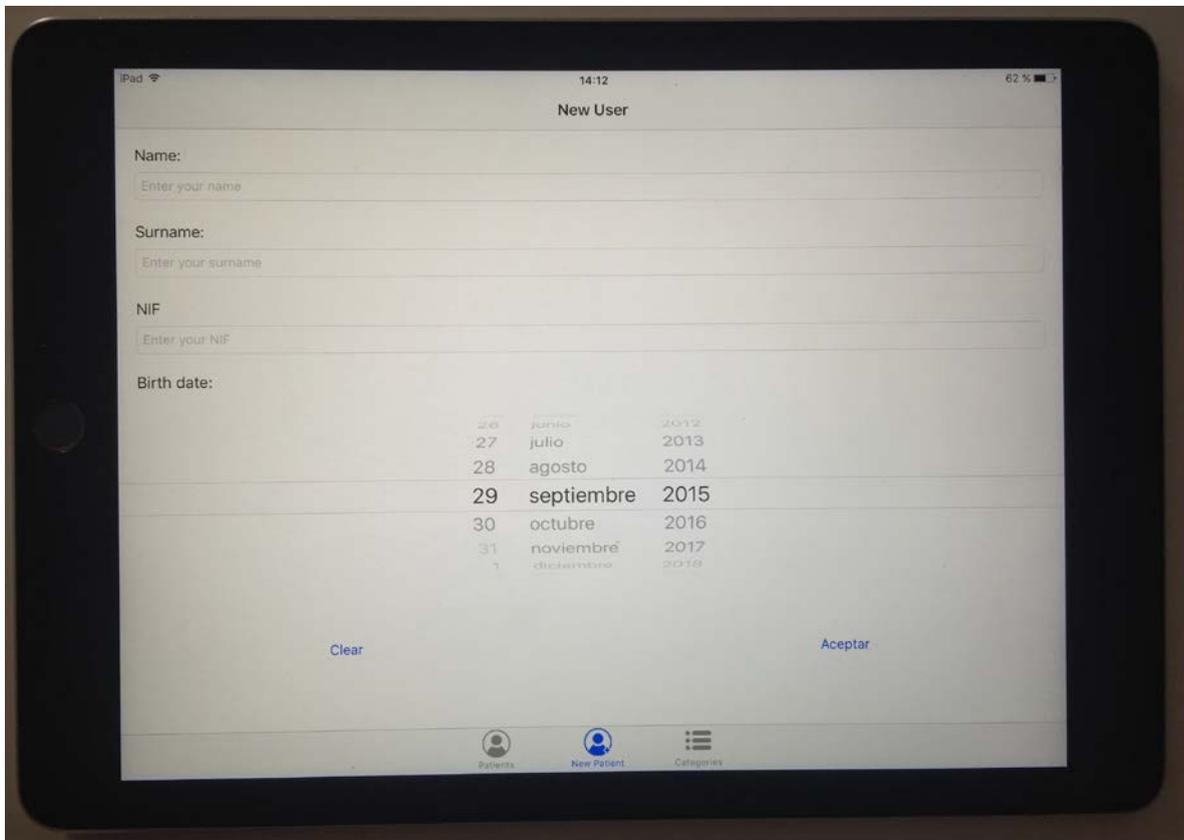


Figura 4.4 Pestaña Nuevo Paciente, donde se pueden registrar pacientes nuevos.

La tercera pestaña es la sección de categorías. Aquí aparecerán todas las categorías de los ejercicios de los que consta la aplicación. En esta versión de la aplicación hay un total de cinco categorías diferentes, entre las que podemos encontrar, atención, percepción, memoria, cálculo y lenguaje.

Pulsando en cada una de las distintas categorías accedemos a los ejercicios correspondientes a cada una de ellas. Contando todas las categorías disponibles en la versión actual, hay un total de catorce ejercicios diferentes de los que el paciente podrá hacer uso. Más adelante se mostrarán capturas de pantalla de alguno de los ejercicios de la aplicación.

En la Figura 4.5 se muestra la tercera sección de la pantalla principal.

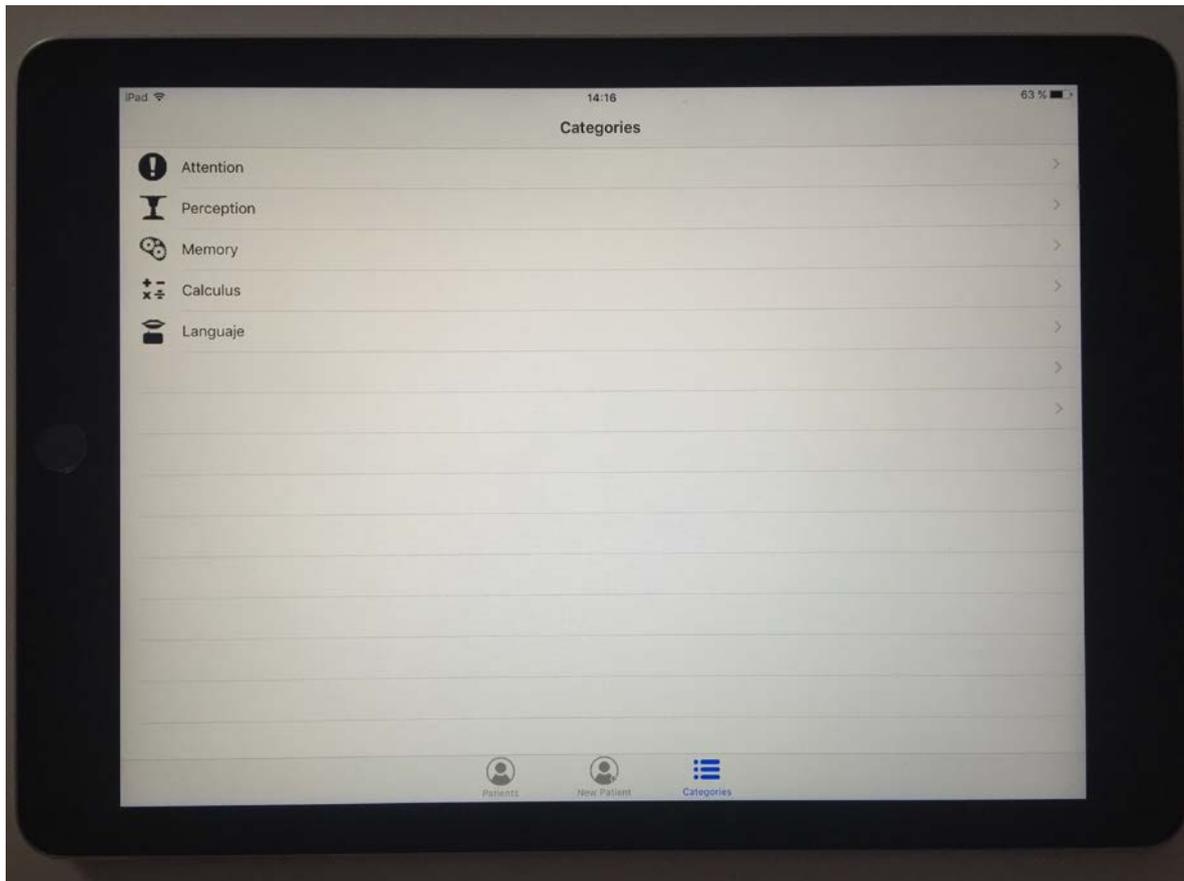


Figura 4.5 Pestaña categorías, desde donde se puede acceder a los ejercicios de cada categoría.

Ahora se va a proceder a ver los distintos ejercicios que hay en cada una de las categorías, mostrando las capturas de pantalla de todos de ellos.

En la Figura 4.6 se pueden ver cada uno de los ejercicios disponibles en la categoría de atención. Estos son atención selectiva fácil y difícil y atención de color.

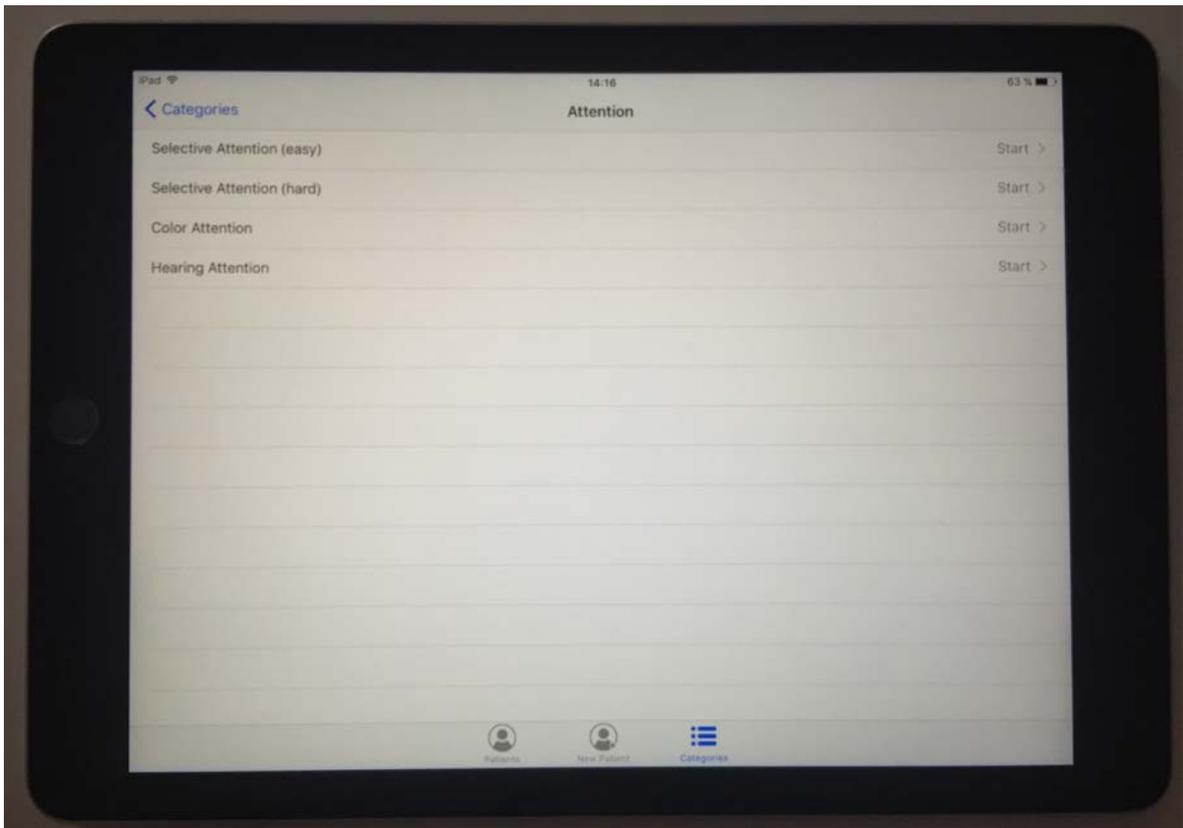


Figura 4.6 Lista de los ejercicios disponibles en la sección de Atención.

En la Figura 4.7 se muestra una captura de pantalla del ejercicio de atención selectiva (fácil), en el que el paciente tiene que tocar la imagen de un ave que aparece en pantalla y se desplaza aleatoriamente.

En la Figura 4.8 se puede ver el ejercicio de atención selectiva (difícil). El objetivo del ejercicio es el mismo que el del ejercicio anterior, con la salvedad que en este aparecerá de forma aleatoria un elemento distractor que el paciente no deberá tocar.

En la Figura 4.9 se muestra una captura de pantalla del ejercicio de atención de color, en el que el paciente debe tocar aquella figura que se encuentra de color rojo. Cuando toda dicha figura, se cambian todas las figuras aleatoriamente de color, teniendo que tocar nuevamente aquella que este roja.



Figura 4.7 Ejercicio de atención selectiva (fácil).



Figura 4.8 Ejercicio de atención selectiva (difícil).

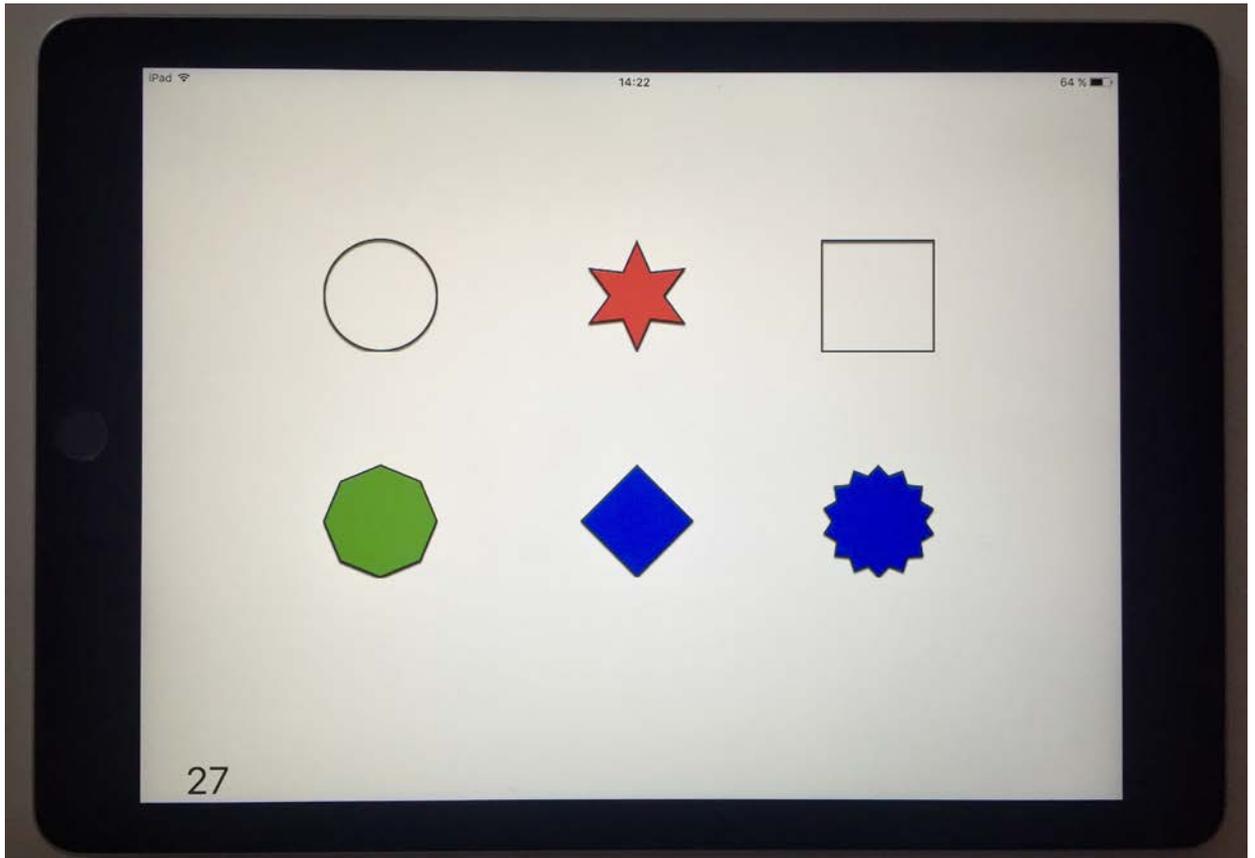


Figura 4.9 Ejercicio de atención de color.

En la siguiente figura, la Figura 4.10 se pueden ver todos los ejercicios de la categoría de percepción. Estos ejercicios son, percepción gráfica, percepción de tamaño, percepción de forma, y percepción de localización.

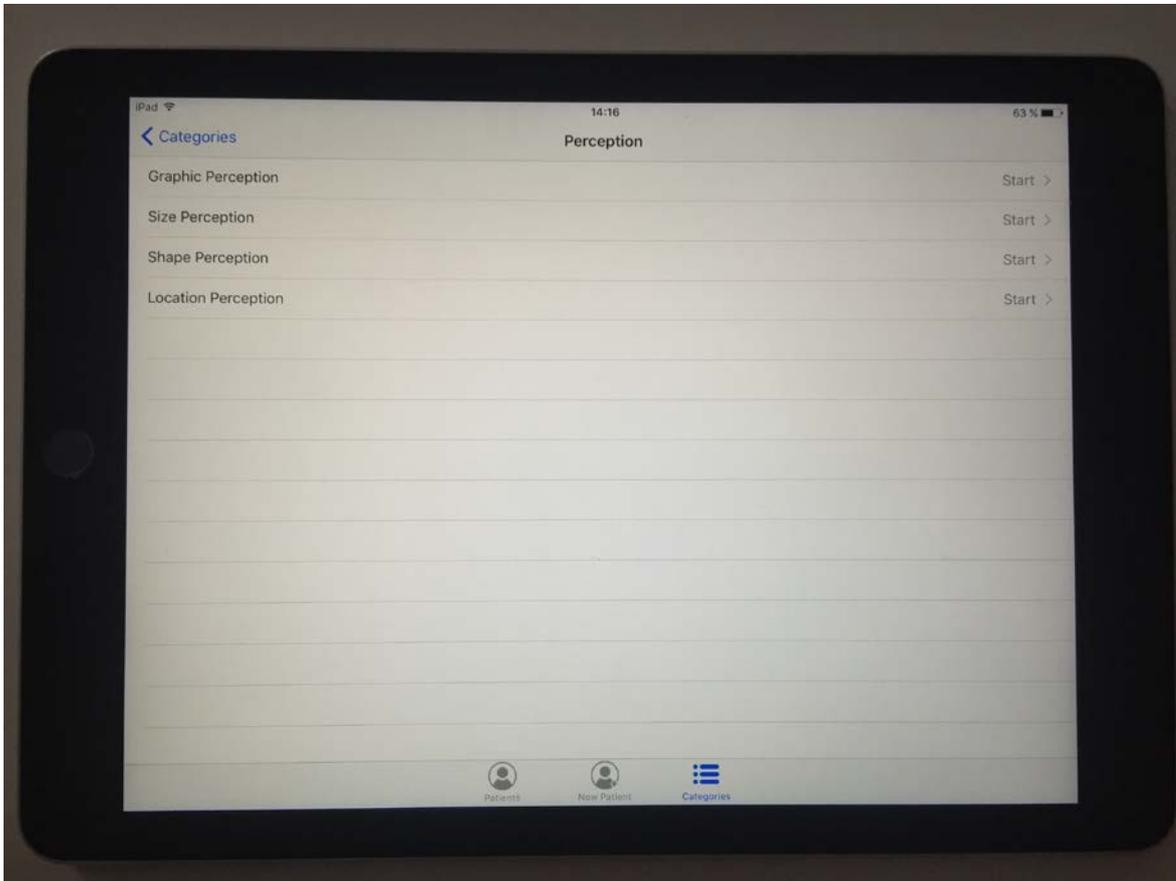


Figura 4.10 Lista de los ejercicios disponibles en la categoría de percepción.

En la Figura 4.11 podemos ver el ejercicio de percepción gráfica, en el que el paciente deberá seleccionar aquel rectángulo que tenga el mismo color que el rombo mostrado. Cuando haya tocado todos los rombos del mismo color el ejercicio se dará por concluido.

En la Figura 4.12 podemos ver una captura de pantalla del ejercicio de percepción de tamaño. En este ejercicio el paciente deberá tocar sobre aquel animal que en la realidad sea más grande, independientemente de que la imagen sea pequeña o grande. El llegar a diez intentos el ejercicio se dará por finalizado.

En la Figura 4.13 podemos ver una captura de pantalla del ejercicio de percepción de formas. En este ejercicio el paciente debe llevar cada figura de color a su lugar correspondiente en el menos tiempo posible.

En la Figura 4.14 se muestra la imagen correspondiente al ejercicio de percepción de la localización. En este ejercicio el paciente deberá resolver un laberinto indicando por qué salida de las 3 posibles se consigue completar el laberinto.

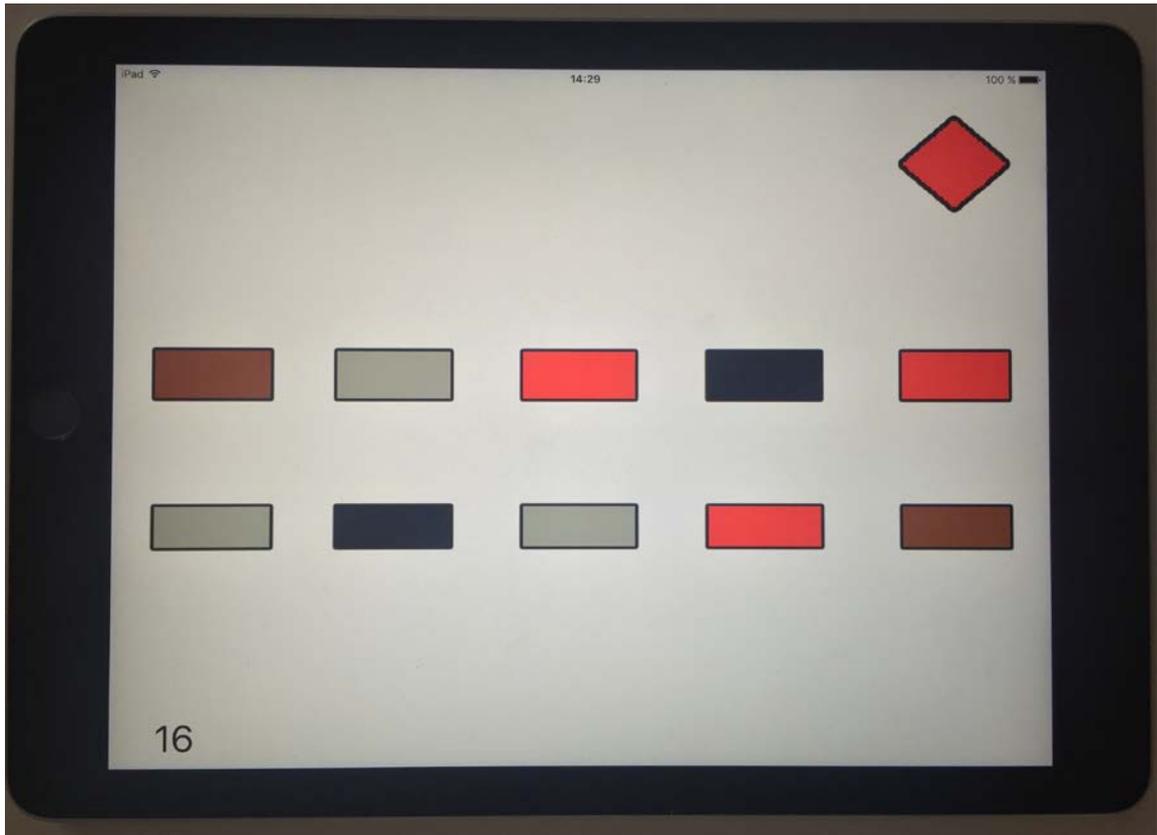


Figura 4.11 Ejercicio de percepción gráfica.



Figura 4.12 Ejercicio de percepción de Tamaño.

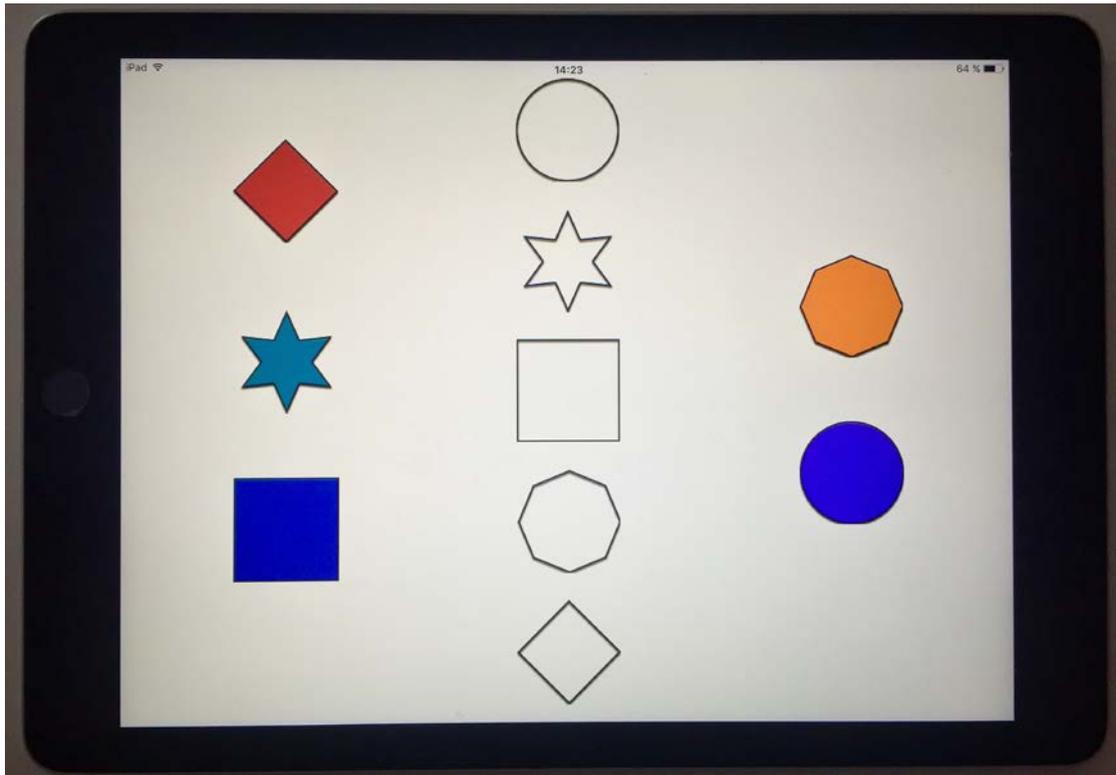


Figura 4.13 Ejercicio de percepción de formas.

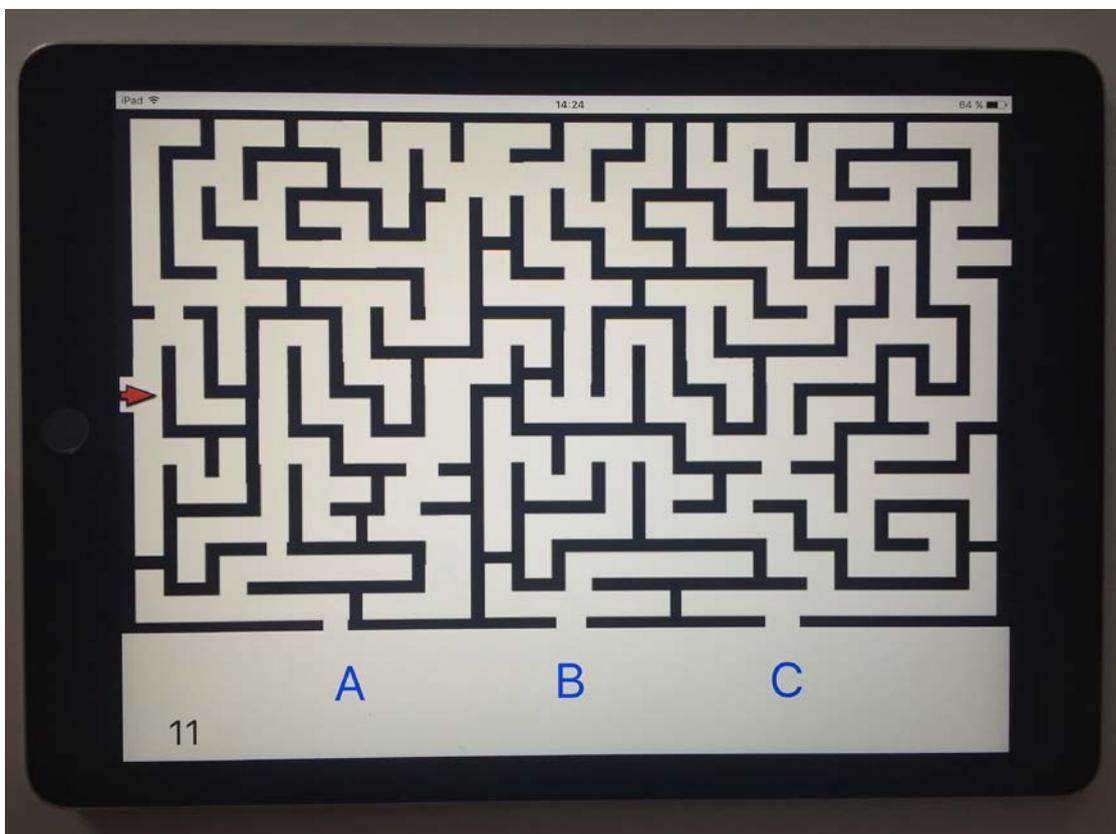


Figura 4.14 Ejercicio de percepción de la localización.

En la Figura 4.15 se pueden ver todos los ejercicios correspondientes a la categoría de Memoria. Estos ejercicios, tal y como se puede ver en la imagen son, memoria verbal, memoria gráfica I y memoria gráfica II.

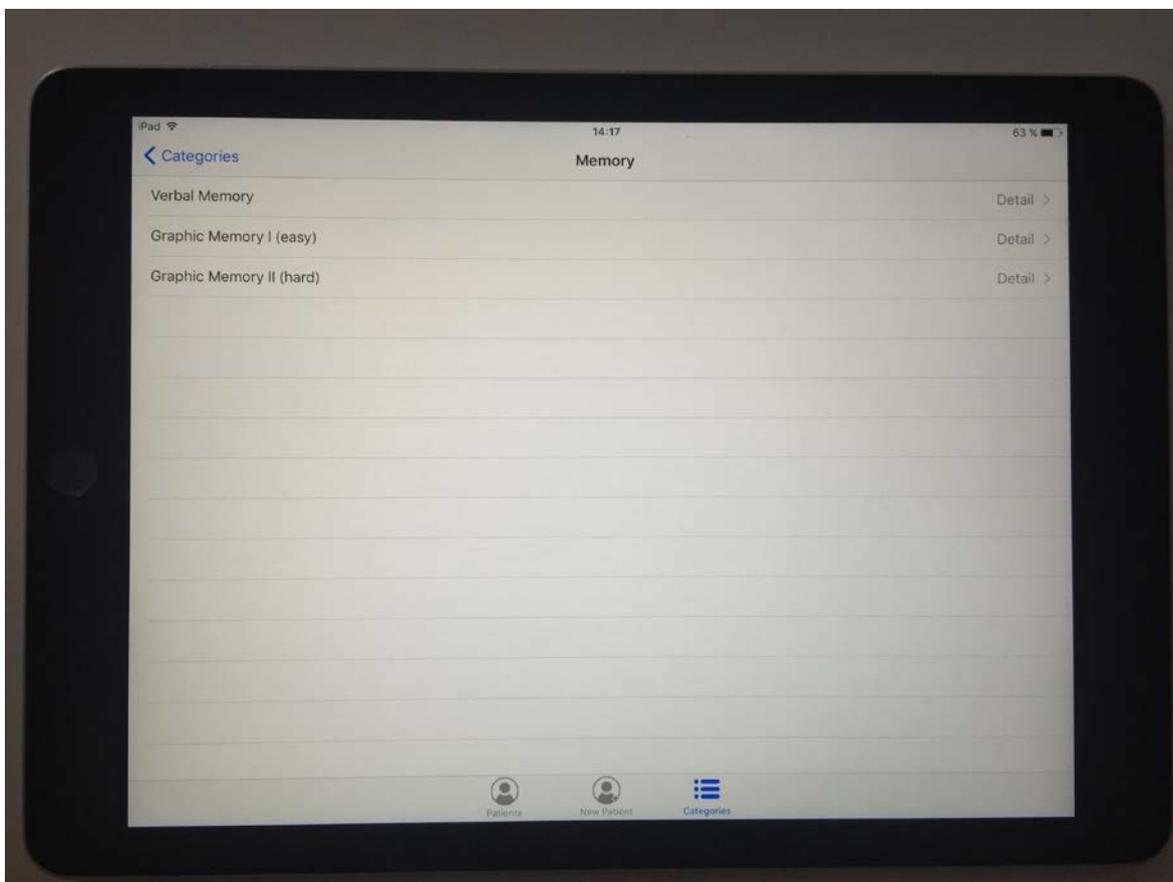


Figura 4.15 Lista de los ejercicios disponibles para la categoría de Memoria.

En la Figura 4.16 vemos una captura de pantalla del ejercicio de memoria verbal. En este ejercicio se le presentan al paciente cuatro palabras de forma escrita que deberá memorizar. Transcurrido un periodo de tiempo esas palabras desaparecerán y aparecerán ocho palabras de las cuales deberá tocar aquellas que sean las mismas que las anteriormente memorizadas.

En la Figura 4.17 podemos ver una captura de pantalla del ejercicio de memoria gráfica I. En este ejercicio aparecerán una serie de animales que el paciente deberá memorizar durante un periodo de tiempo determinado. Una vez transcurrido ese periodo de tiempo dichos animales desaparecerán y se mostrará un conjunto nuevo de animales, de los cuales el usuario deberá tocar aquellos que correspondan con los animales que previamente había memorizado.

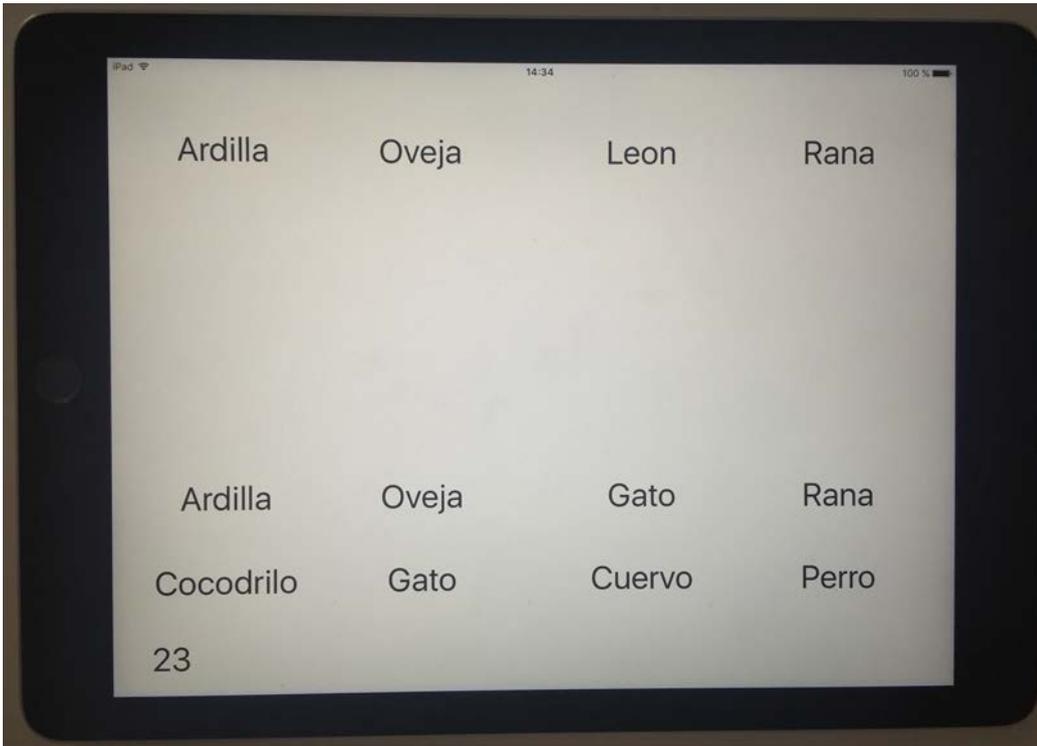


Figura 4.16 Ejercicio de memoria verbal.

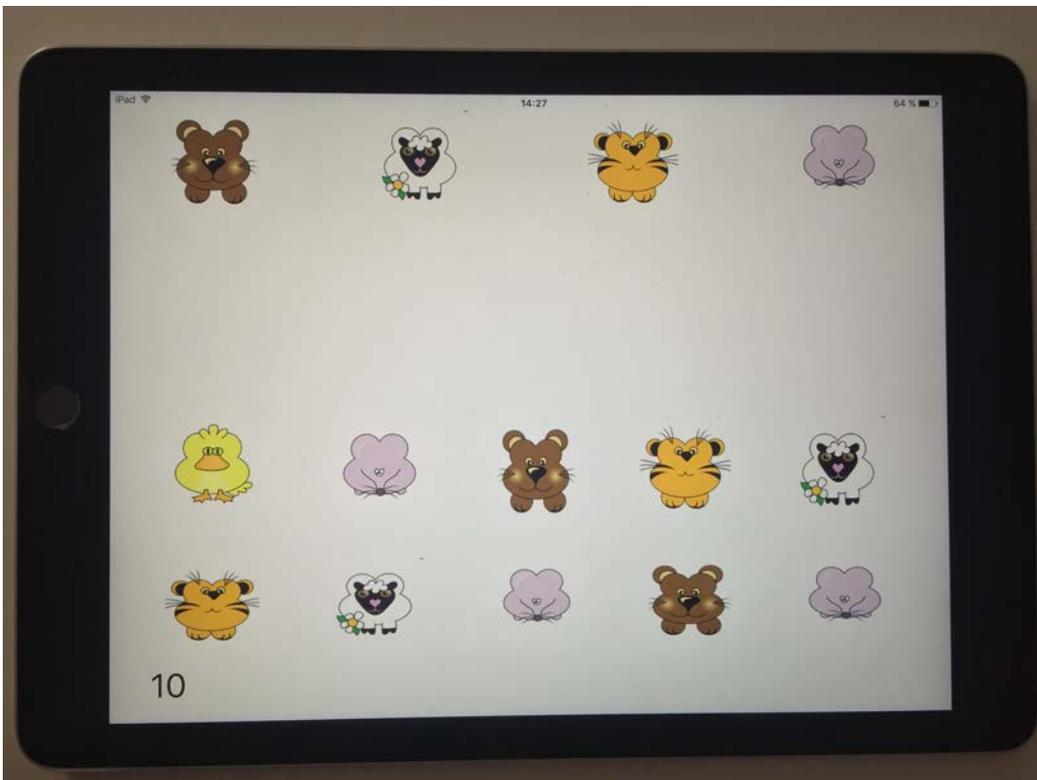


Figura 4.17 Ejercicio de memoria grafica I (fácil).

En la Figura 4.18 vemos el ejercicio de memoria gráfica II. El objetivo de este ejercicio es el mismo que el del ejercicio anterior, con la salvedad de que en este ejercicio el número de palabras a memorizar es mayor que en el ejercicio de memoria gráfica I.

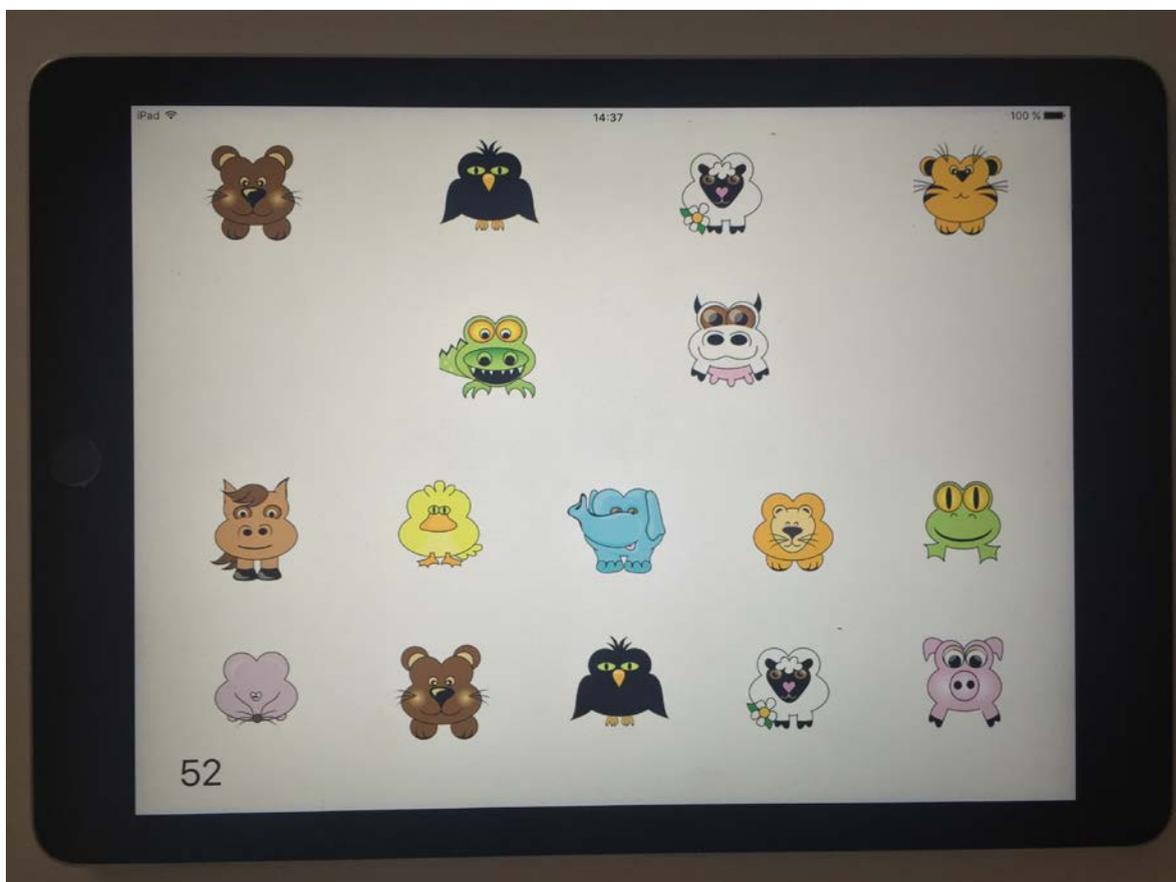


Figura 4.18 Ejercicio de memoria gráfica II (difícil).

A continuación en la Figura 4.19 se muestran todos los ejercicios correspondientes a la categoría de cálculo. Los ejercicios de esta categoría son cálculo I y cálculo II.

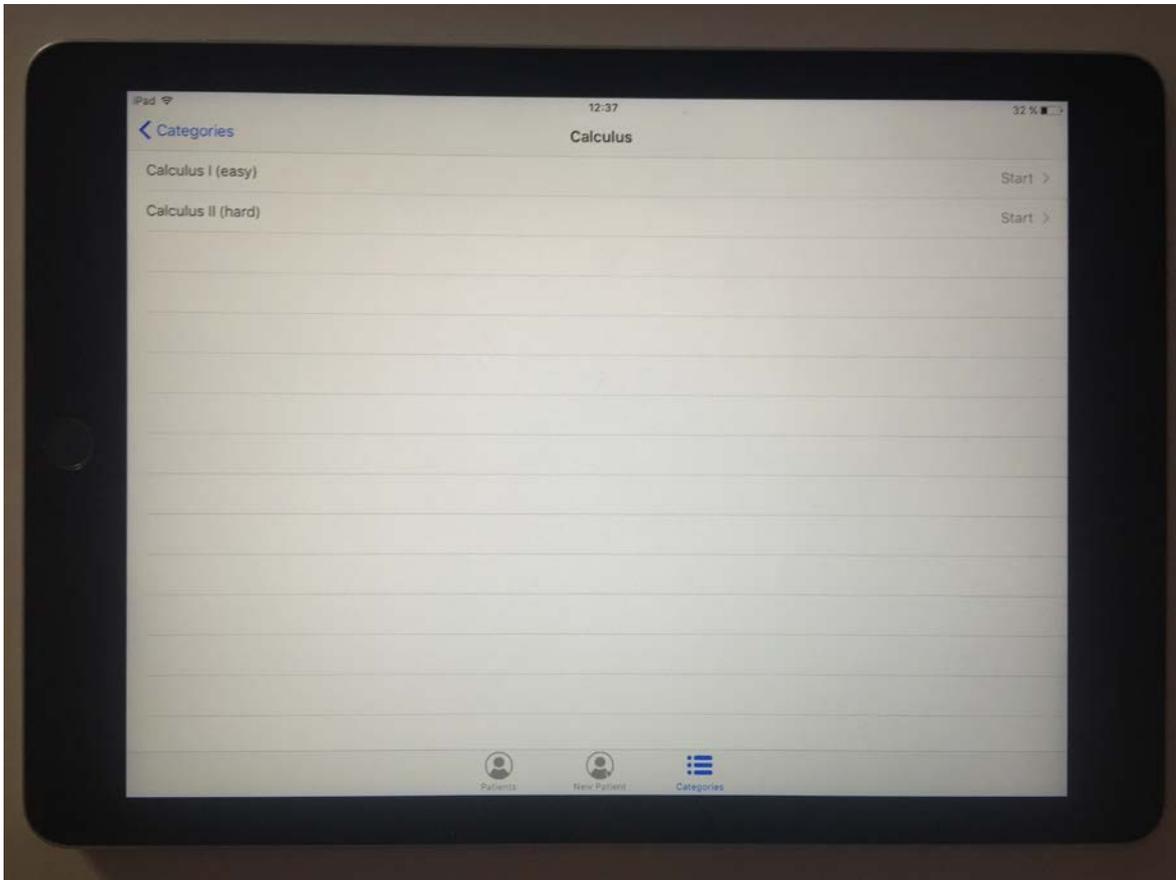


Figura 4.19 Lista de los ejercicios para la categoría de Cálculo.

Ambos ejercicios son muy similares. Al paciente se le presentarán una serie de operaciones matemáticas que deberá completar en el menos periodo de tiempo. La diferencia entre ambos ejercicios es la complejidad de las operaciones, ya que en el ejercicio de cálculo II estas son más complejas.

En la Figura 4.20 podemos ver el ejercicio de cálculo I, y en la Figura 4.21 se muestra el ejercicio de cálculo II.

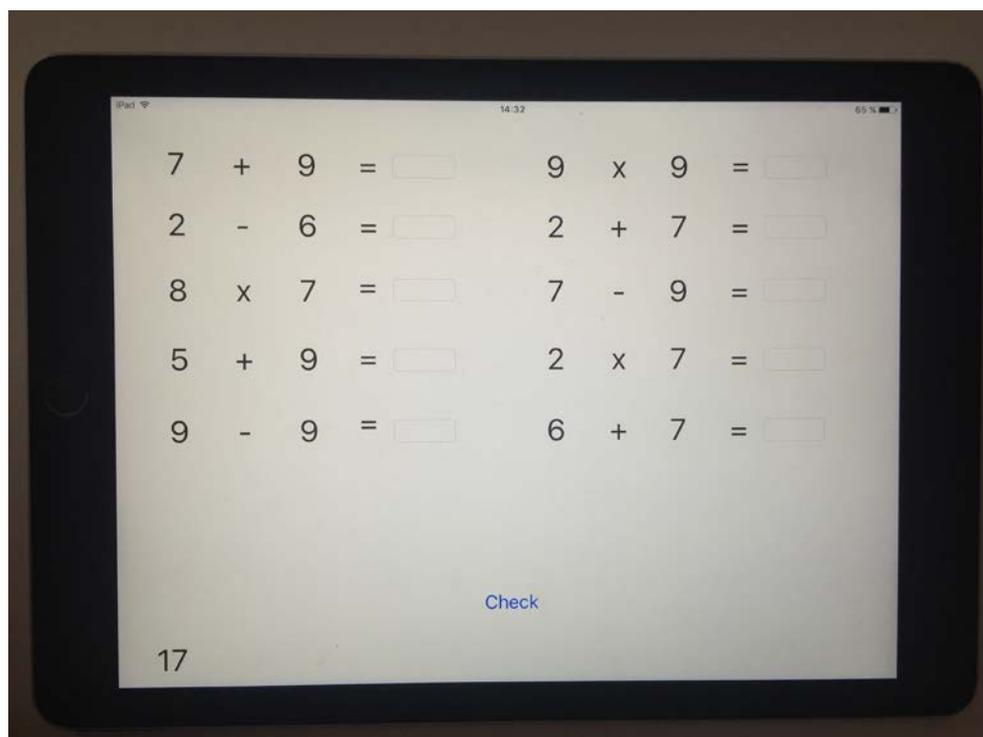


Figura 4.20 Ejercicio de cálculo I.

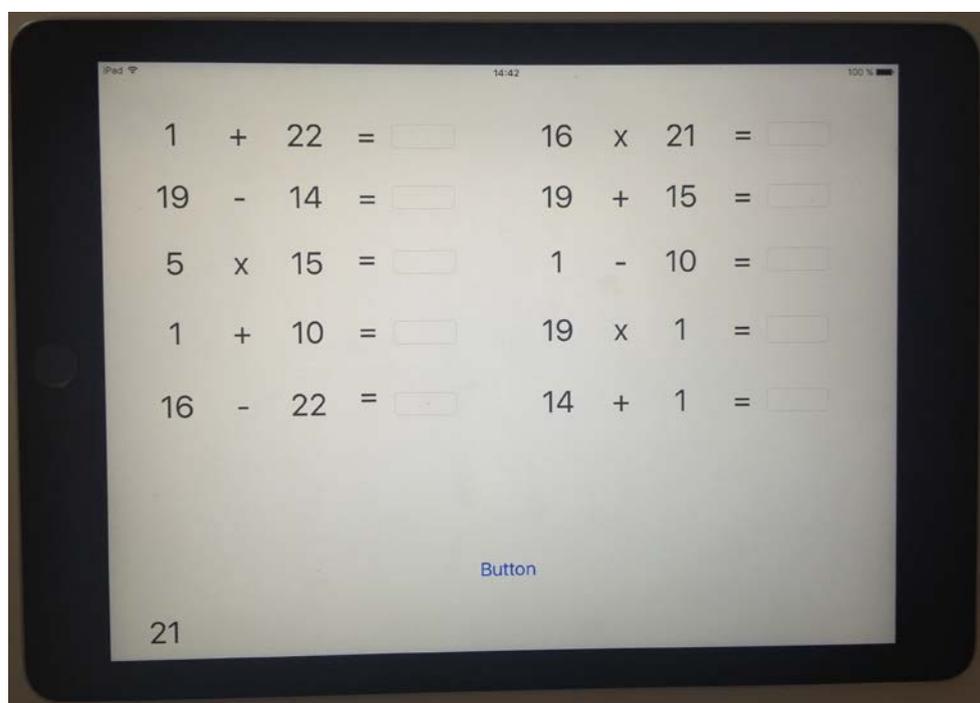


Figura 4.21 Ejercicio de cálculo II.

A continuación se muestra en la Figura 4.22 la última categoría de la aplicación en esta versión. Esta categoría es la de Lenguaje, que consta únicamente de un ejercicio.

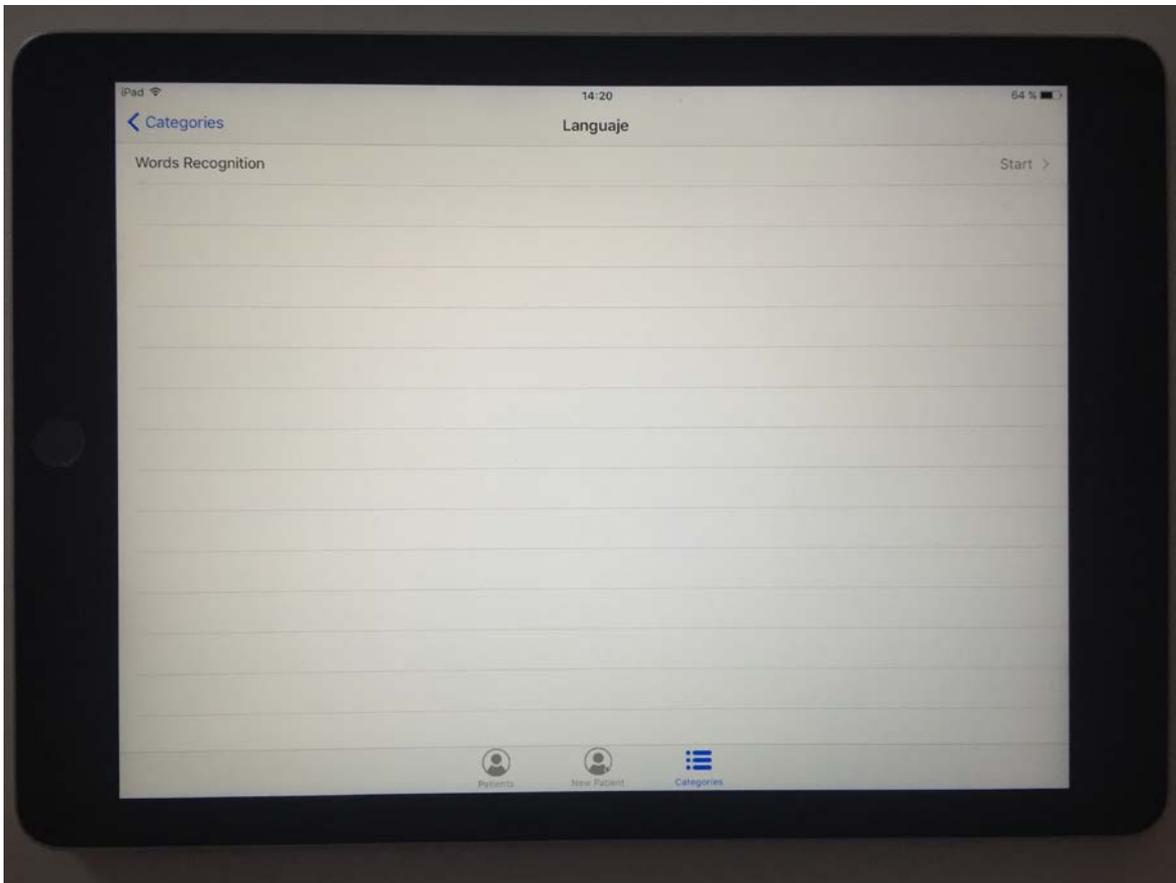


Figura 4.22 Listado de los ejercicios de la categoría de Lenguaje.

El ejercicio de esta categoría se muestra en la Figura 4.23. Este ejercicio consiste en el reconocimiento de palabras. Aparecerán dos palabras y se reproducirá mediante un audio una de ellas y el paciente deberá tocar sobre aquella palabra que haya escuchado. Si acierta aparecerá un tic al lado de la palabra, si no, una equis.

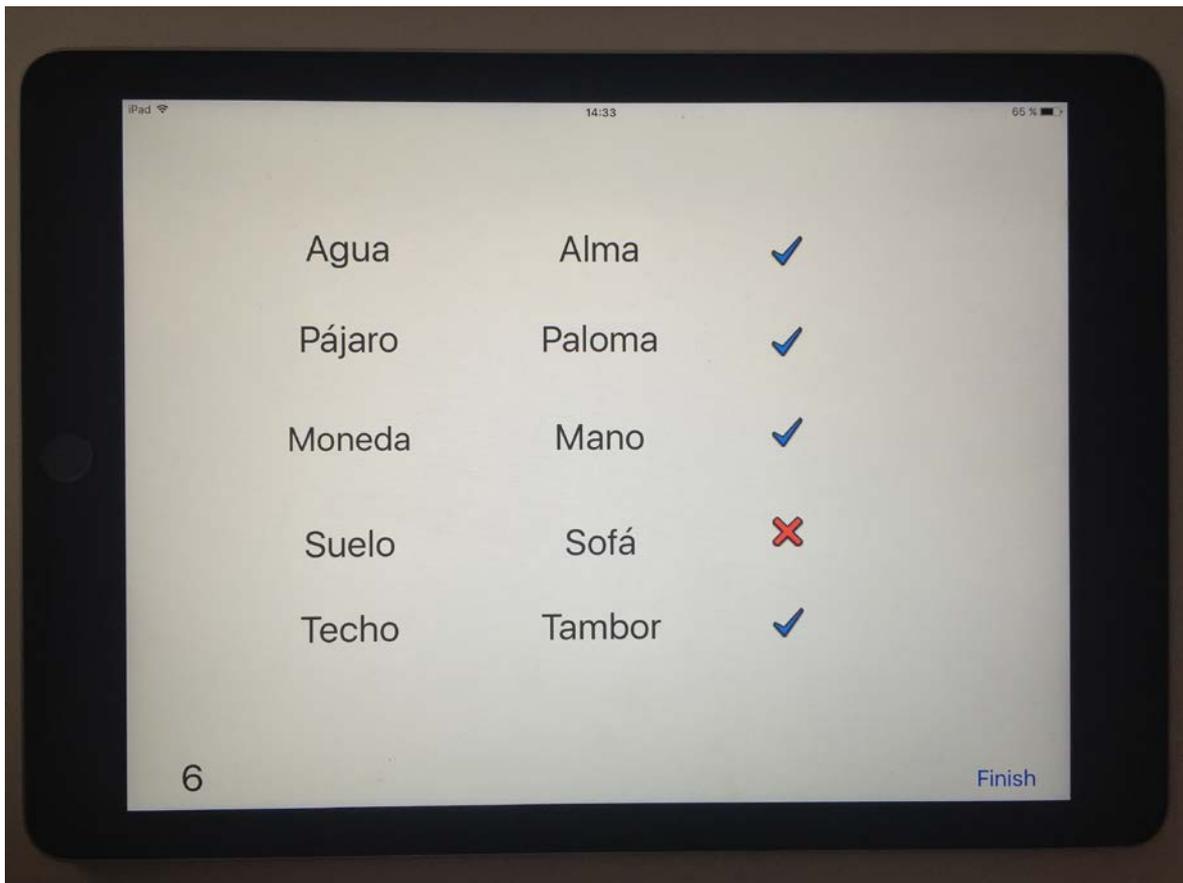


Figura 4.23 Ejercicio de reconocimiento de palabras.

Como se explicó anteriormente en el apartado 3.3, al finalizar correctamente cada uno de los ejercicios aparece en la esquina inferior derecha un botón de finalizar, como se puede ver en la Figura 4.23. Pulsando este botón se va a una nueva ventana, la ventana con los resultados del ejercicio realizado. En esta pestaña se muestra el nombre del ejercicio que se ha realizado, la categoría a la que pertenece dicho ejercicio, el número de respuestas correctas e incorrectas que se han producido y el tiempo transcurrido en completar el ejercicio, que se puede ver en la Figura 4.24.

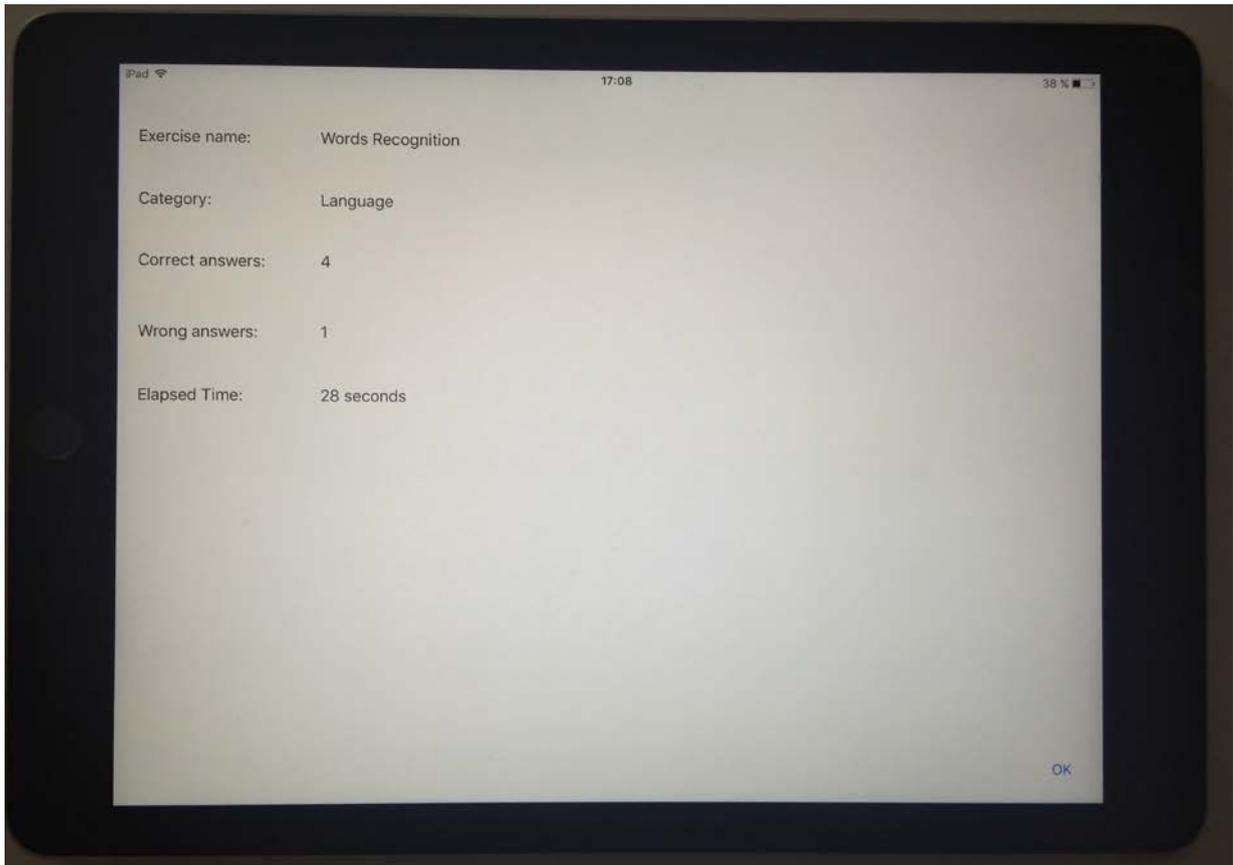


Figura 4.24 Ventana de resultados.

Capítulo 5: Presupuesto Económico

En este capítulo se va a estimar el presupuesto económico de la aplicación desarrollada. Se hará un desglose de todos los tipos de gastos asociados al proyecto, tanto de software como de hardware que ha surgido durante la realización del mismo.

Existen muchos factores que hay que tener en cuenta a la hora de determinar el presupuesto económico de la aplicación. En primer lugar y el más importante es el número de horas que se ha dedicada a la aplicación. Así mismo y muy relacionado con el anterior es el número de funcionalidades de que dispone la misma. Resulta obvio que a mayor número de funcionalidades, mayor número de horas dedicadas, por lo que desarrollar una aplicación con un gran número de funcionalidades aumentará el precio final de la misma. Otro factor muy importante es el diseño de la interfaz de usuario, el icono de la aplicación, los iconos y cualquier elemento gráfico de los que se compone la aplicación. Normalmente estos elementos son realizados por un diseñador gráfico, por lo que cuantos más elementos gráficos tenga la aplicación mayor será el precio de esta, teniendo que pagar a éste el precio que estipule. Finalmente habrá que tener en cuenta la calidad del producto final y el beneficio que se desee conseguir con ella.

Además de lo expuesto anteriormente también hay que tener en cuenta el hardware necesario para realizar la aplicación. Para el caso de este proyecto, al tratarse de una aplicación para el sistema operativo de Apple, es imprescindible tener un Mac y por lo tanto hay que tener en cuenta la amortización de éste a la hora de realizar el presupuesto económico. Y a la hora de comprobar la aplicación es necesario disponer de un dispositivo físico en el que realizar las pruebas, para comprobar que la experiencia de usuario es correcta en un dispositivo final, ya que usar un simulador no ofrece la misma perspectiva que un dispositivo físico. En este caso las pruebas han sido realizadas en un iPad Air 2.

En la siguiente tabla se puede ver un desglose completo del presupuesto económico.

ESTIMACION DEL PRESUPUESTO ECONOMICO		
Mano de Obra	360 horas x 13,00€/hora	4.680,00€
Cuota de Autónomo	3 meses x 50,00€/mes	150,00€
Coste del ordenador portátil	Coste total de 1.650,00€ Amortización del 25%	103,13€
Coste del iPad	Coste total de 589,00€ Amortización del 20%	2,95€
Entorno de desarrollo	Xcode phpMyAdmin	0,00€
Gastos corrientes	Alquiler, luz, teléfono y conexión a internet, calefacción y agua.	705,00€
Elementos gráficos	Icono de la aplicación e iconos	50,00€
Beneficio	5% sobre el total de los costes	284,55€
TOTAL		5.975,63€

Tabla 5.1 Estimación del presupuesto económico.

Se ha establecido un total de 360 horas para tener la aplicación desarrollada por completo, dedicando a la aplicación 3 meses a una media de 20 días hábiles al mes, destinando 6 horas diarias. Y teniendo en cuenta que el salario de un ingeniero *junior* es aproximadamente de 13€/hora, se estima que el gasto de mano de obra total ha sido de 4.680,00€

Otro factor a tener en cuenta es que para realizar este tipo de trabajos por cuenta propia se tiene que estar de dado de alta en el régimen especial de autónomos. Al ser esta la primera vez en darse de alta como autónomo nos podemos acoger a la tarifa plana de 50€ al mes tal y como se establece por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, por lo que aplicando este importe a los 3 meses en los que se ha estado trabajando en el proyecto supone un total de 150,00€

Como se aclaró anteriormente, para poder desarrollar una aplicación para iOS es necesario un Mac. Para el desarrollo de esta aplicación se ha utilizado un ordenador portátil MacBook Pro de pantalla retina de 13 pulgadas. El coste de este portátil es de 1.650,00€. Según las tablas de amortización fiscal establecidas por la Agencia Tributaria para el ejercicio 2015 para los equipos de procesos de información se permite aplicar un máximo del 25% y un mínimo del 12,5%, que equivaldría a una vida útil de 8 años. En este caso se aplica el máximo porcentaje de amortización, ya que un ordenador con más de 4 años quedaría obsoleto. Por lo que aplicando este porcentaje máximo al precio del ordenador tenemos un gasto de 412,50€ anuales, lo que hace un total de 103,13€ durante los 3 meses de realización del proyecto.

Así mismo, el iPad utilizado para probar la aplicación es un iPad Air 2. El coste de este dispositivo es de 589,00€. Según las tablas de amortización fiscal establecidas por la Agencia Tributaria para el ejercicio 2015 para los equipos electrónicos se permite aplicar un máximo del 20% y un mínimo del 10%, que equivaldría a una vida útil de 10 años. En este caso se aplica el máximo porcentaje de amortización, ya que un dispositivo como el iPad con más de 5 años quedaría obsoleto. Por lo que aplicando este porcentaje máximo al precio del iPad tenemos un gasto de 11,78€ anuales, lo que hace un total de 2,95€ durante los 3 meses de realización del proyecto.

El entorno de desarrollo con el que se ha desarrollado la aplicación es el software oficial de Apple, el Xcode. Este software es gratuito para todos los ordenadores Mac. Todo el software adicional para la realización de la aplicación también es gratuito.

Se han incluido en el presupuesto como gastos generales el alquiler del local donde se pueden ubicar las oficinas, la luz, el teléfono y la conexión a internet, la calefacción y el agua. En cuanto al alquiler del local puede ascender a unos 150,00€ al mes ($150,00 \times 3 = 450,00€$) para un local de unos 20 m², la luz se puede estimar en unos 30,00€ al mes ($30,00 \times 3 = 90,00€$), el teléfono y la conexión a internet son unos 45,00€ al mes ($45,00 \times 3 = 135,00€$), la calefacción se estima dentro del precio del alquiler y el agua unos 10,00€ mensuales ($10,00 \times 3 = 30,00€$), lo que hace un total de 705,00€ en los tres meses.

En cuanto al diseño de los elementos gráficos de la aplicación, como el icono de la misma y todos los iconos de la propia aplicación, habría que pagarle a un agente externo que los realice y que supone en el este caso 50,00€

Por otra parte, que se podría decir ajena al desarrollador, es necesario pagar las tasas derivadas de la publicación de las aplicaciones en la App Store. El caso de iOS la tasa que el desarrollador debe abonar es de 99\$ anuales para la cuota más sencilla, unos 89€. De modo que debemos seguir abonando dicha cantidad cada año que queramos que la aplicación siga publicada. Teniendo en cuenta que esta aplicación no está destinada al público general, si no más bien a fundaciones que trabajan con personas con deterioro cognitivo es muy probable que ésta nunca se publique en la App Store, por lo que este gasto no ha sido incluido en la tabla anterior.

A todos estos gastos deberíamos sumarle un beneficio, que sería la retribución que se obtendría de la venta del proyecto. Se ha estimado un beneficio del 5% sobre el total de los costes anteriormente calculados $((4.680,00 + 150,00 + 103,13 + 2,95 + 705,00 + 50,00) * 0,05 = 284,55€)$.

Por lo tanto se puede aproximar el presupuesto económico a un total de 5.975,63€ tal y como se muestra en la tabla anterior.

Capítulo 6: Conclusiones, Líneas Futuras y Experiencia Personal

En este capítulo se van a abordar las distintas conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo completo de todo el proyecto desde dos puntos de vista distintos, uno funcional y otro técnico. Se analizarán diversos aspectos de la aplicación y los pasos necesarios para su desarrollo. Así mismo se prestará especial atención a la líneas de desarrollo futuras de la aplicación, proponiendo la inclusión de nuevos bloques, nuevas funcionalidades, nuevas mejoras y aumentar el número de ejercicios de la misma, con el objetivo de mejorar tanto la ayuda a la rehabilitación de los pacientes con deterioro cognitivo, como la experiencia de usuario de la aplicación por parte tanto de pacientes como de sanitarios.

En la última sección del capítulo se abordará la problemática del proyecto desde un punto de vista personal. Se dará una valoración personal sobre la experiencia adquirida durante la realización del proyecto, así como las distintas dificultades y problemas encontrados durante la realización del mismo. Igualmente se hablará sobre los puntos favorables de la realización de la aplicación y los nuevos conocimientos que ha aportado.

6.1 Conclusiones

La aplicación desarrollada, como ya se ha comentado anteriormente, está basada en un sistema para la rehabilitación neuropsicológica de personas con deterioro cognitivo para dispositivos móviles. Las ventajas de estos dispositivos son muchas y muy variadas y todas ellas han servido de motivación para el desarrollo de este proyecto. Entre las ventajas más destacadas, podemos encontrar la movilidad que aportan estos terminales. Esta es una de las mayores ventajas que ofrecen estos dispositivos y permiten a los pacientes realizar los tratamientos en cualquier lugar, ya sea en una fundación bajo la supervisión de un terapeuta o en su casa con su propio dispositivo. Otra ventaja sin duda fundamental es la facilidad de interacción con el sistema y lo fácil e intuitivo que resulta manejar estos dispositivos.

En concreto, centrándonos en las tablets, que son los dispositivos en los que se centra la aplicación, maximizan las ventajas anteriormente expuestas gracias a sus pantallas táctiles de grandes dimensiones y gran calidad. Los usuarios finales de la aplicación podrán disfrutar de la comodidad que supone poder realizar sus tratamientos en cualquier lugar. Se estima que el mayor impacto tendrá lugar en la población rural, que se beneficiara enormemente del ahorro económico que supone la evaluación y el tratamiento a distancia. Igualmente, el uso de tablets supondrá un gran avance para personas con movilidad reducida, ya que su uso, junto con el sistema de rehabilitación puede facilitarles enormemente la recuperación de sus capacidades y facultades cognitivas. Todo esto unido a la gran capacidad de interacción e intuición asociadas al manejo de estos dispositivos, puede suponer un cambio cualitativo en los métodos de rehabilitación y por ende en la calidad de vida de los pacientes.

Así mismo, los terapeutas al cargo de los pacientes podrían ver de una manera rápida y sencilla la evolución de cada uno de ellos desde cualquier dispositivo, haciendo un análisis y seguimiento detallado y personalizado para cada paciente, consiguiendo de esta manera que la rehabilitación se adapte individualmente a cada paciente, y por lo tanto haciendo que esta sea más efectiva.

A nivel más técnico, la aplicación ha sido realizada completamente en Xcode utilizando como lenguaje de programación Swift, con los que se han desarrollado todas las funcionalidades de las que se ha hablado a lo largo de todo el informe. Entre ellas podemos destacar la inserción de

pacientes nuevos al sistema, la visualización de los datos y la evolución de los pacientes o la realización de los ejercicios para el tratamiento de los mismos. La interfaz de la aplicación se ha hecho por completo utilizando el Storyboard que ofrece Xcode para la creación de interfaces gráficas.

Tal y como se ha comentado en capítulos anteriores la aplicación ha sido desarrollada para la tablet de Apple, el iPad. La aplicación ha sido desarrollada para que funcione en todas las versiones disponibles de iOS hasta la fecha y ha sido testada incluso en iOS 9, la última versión del sistema operativo de Apple, lanzada en Septiembre de 2015. Físicamente ha sido probada en dos dispositivos distintos, un iPad 2 de 2011 y un iPad Air 2 de 2014, en ambos funcionando perfectamente, aunque está diseñada para que funcione en todos los iPad hasta la fecha.

Gracias a que toda la información personal de los pacientes, así como los datos de todos sus progresos se encuentran en una base de datos localizada en un servidor remoto, los datos son accesibles desde cualquier tipo de dispositivo y desde cualquier lugar siempre y cuando haya conexión a internet. Esto es una gran ventaja y hace que el sistema sea escalable, ya que no se requeriría de un dispositivo concreto para ver la información de un paciente concreto. Además esto podría suponer la expansión de la aplicación a otras plataformas móviles a mayores de la de Apple, consiguiendo así que el número de dispositivos sobre los que pueda funcionar la aplicación sea mucho mayor y manteniendo siempre el acceso a toda la información de los pacientes, independientemente del sistema operativo utilizado.

6.2 Líneas Futuras

El sistema planteado en esta aplicación cubre buena parte de las áreas de rehabilitación neuropsicológica para tratar a pacientes con deterioro cognitivo. Como se ha visto en capítulos anteriores estas áreas de rehabilitación son la atención, la percepción, la memoria, el cálculo y el lenguaje. Una de las posibles mejoras a introducir en futuras versiones de la aplicación sería la adición de nuevas categorías con sus correspondientes ejercicios. Por ejemplo, nuevas categorías que se podrían incluir en versiones futuras podrían ser las de orientación, razonamiento o visión espacial. Está claro que hay muchas más categorías que se podrían incluir en la aplicación, así como la adición de más ejercicios a las categorías ya presentes en esta versión, lo que conseguiría que la aplicación abarcara muchas más áreas de rehabilitación neuropsicológica y por lo tanto aumentaría el número de pacientes que podrían hacer uso de ella.

A mayores de implementar nuevos ejercicios, también puede resultar recomendable mejorar los ya presentes en la aplicación. La incorporación de un botón de pausa en los ejercicios sería de gran utilidad en caso de que el paciente requiera dejar momentáneamente el ejercicio y de esta manera no siga contabilizando el tiempo. También sería de gran utilidad para los pacientes que tuvieran algún tipo de problema a la hora de leer los enunciados de los ejercicios, que estos, además de aparecer escritos por pantalla, fueran reproducidos de forma oral al empezar el ejercicio. Así mismo vendría muy bien para el aspecto visual de la aplicación que las imágenes de los ejercicios fueran diseñadas por un profesional de la ilustración y todas tuvieran el mismo estilo, ya que la mayoría de imágenes han sido obtenidas de diferentes fuentes y poder adaptarlas a las resoluciones de pantalla que ofrecen los dispositivos más modernos, como la resolución Retina que ofrece el iPad Air 2.

A parte de mejorar el aspecto visual de los ejercicios, también resultaría fundamental refinar los ejercicios y adecuarlos a las necesidades de pacientes reales. Para ello, sería necesario que la aplicación fuera probada y testeada por dichos pacientes, recoger sus conclusiones e intentar adaptarlas a la aplicación.

Otro aspecto interesante que podría añadirse a la aplicación sería la inserción de una nueva pestaña en la pantalla principal destinada para los terapeutas. A ella podrían acceder los terapeutas que tuvieran a su cargo pacientes que estén registrados y estén usando el sistema de rehabilitación, y

poder gestionar los datos de cada paciente e incluso asignarle tareas diarias en las que se le marquen unos objetivos al paciente que tiene que seguir, como por ejemplo que ejercicios tiene que realizar.

Junto con la adición de la característica anterior se podría añadir como complemento a esta la posibilidad de enviar telemáticamente informes sobre la evolución y el progreso de los pacientes a los terapeutas cuando no puedan estar presentes físicamente con el paciente o a los médicos de cabecera para que puedan tener un informe detallado sobre la evolución del paciente.

La aplicación ha sido desarrollada en inglés. Resultaría conveniente adaptar la interfaz a otros idiomas diferentes para poder abarcar un mayor número de usuarios finales. Además sería de gran ayuda que el idioma se adaptara automáticamente al idioma y región del dispositivo para que el usuario no tuviera que realizar ninguna configuración.

Como bien se ha comentado anteriormente, la aplicación ha sido desarrollada de forma nativa para el sistema operativo de Apple, iOS. Esto hace que para que se pueda usar la aplicación se necesite un dispositivo de la marca Apple. Por lo tanto, un punto muy interesante sería desarrollar la aplicación para los otros sistemas operativos que hay actualmente en el mercado, como Windows Phone, Android, o Firefox OS. Al desarrollar la aplicación para otras plataformas se conseguiría que el número de dispositivos compatibles sea mucho mayor y cada persona o fundación podría tener aquellos dispositivos que considerase mejores para su entorno. Además, como ya se ha explicado antes, los datos se guardan en un servidor remoto, por lo que no importaría el sistema operativo en el que se estuviera ejecutando la aplicación, los datos siempre estarían disponibles en todos los dispositivos.

6.3 Experiencia Personal

Elegí este proyecto porque tras haber cursado la asignatura de Desarrollo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles, en la que se aprende a programar para dispositivos Android y Java ME, quería seguir aumentando mis conocimientos en el campo de la programación para dispositivos móviles. Al ya tener conocimientos de Android, decidí que lo mejor sería pasar a desarrollar para el sistema operativo de Apple y sin duda era el mejor momento ya que Apple acababa de presentar al público su nuevo lenguaje de programación, Swift, lo que supondría una gran ventaja tener conocimientos de un nuevo lenguaje de programación desde el inicio de este.

El desarrollo de este proyecto me ha servido a nivel académico para adquirir los conocimientos en este nuevo lenguaje de programación, así como aprender a desarrollar aplicaciones nativas para iOS. Comenzar a aprender por tu cuenta un lenguaje desde cero no es fácil, y mucho menos cuando ese lenguaje de programación tiene menos de un año de vida. En ciertas ocasiones ha resultado complejo encontrar información suficiente sobre cómo realizar una determinada tarea en este lenguaje de programación, ya que al ser un lenguaje muy nuevo la información que había no era tan amplia como la que tiene por ejemplo Objective C o Java. Sin embargo, con el paso del tiempo, los desarrolladores profesionales iban actualizando sus blogs a Swift, encontrando así más información sobre este. A pesar de las dificultades encontradas, me siento satisfecho con los resultados y con la experiencia obtenida.

En cuanto al desarrollo de la interfaz de usuario decir que es la parte del proyecto que más sencilla me ha resultado de hacer. Las herramientas que ofrece Apple para la creación de la interfaz de usuario son muy potentes, muy fáciles de usar y están muy bien optimizadas, permitiendo al desarrollador crear muy buenas interfaces de usuario, que al fin y al cabo es una de las partes más importantes, si no la más importante, de una aplicación, ya que es con lo que va a interactuar el usuario final. Xcode es una herramienta muy potente y el uso de Storyboards para la creación de la interfaz de usuario brinda la posibilidad de crear interfaces de usuario.

Sin embargo, antes de lanzarse de lleno con la creación de la interfaz directamente, hay que pensar y tener bien claro cómo quieres que sea la interfaz de tu aplicación, hacer bocetos de la misma y ver de qué forma consigues que la interfaz sea lo más clara e intuitiva posible. Este paso es más tedioso que crear la interfaz en Xcode, ya que no siempre se consigue el mejor resultado a la primera, surgen ideas nuevas y mejores que te hacen modificar muchas partes de la interfaz. A este apartado le dediqué bastante tiempo, ya que en principio no me acababan de convencer ninguno de los diseños que realizaba, ya fuera porque resultaban algo complejos o poco intuitivos a la hora de manejar. Al final di con la interfaz que cuenta ahora mismo la aplicación, que aunque no es perfecta, es una buena primera aproximación, es clara, e intuitiva y en posibles versiones siguientes de la aplicación puede recibir mejoras fácilmente, como las propuestas en el apartado 6.2.

En cuanto a la búsqueda de información, he de decir que me ha sido de agrado realizar el apartado de eHealth. Era un tema del que desconocía y me ha gustado mucho informarme sobre él y ver que la sanidad hace uso de la Tecnologías de la Información y de las Telecomunicaciones para avanzar y poder darle a las personas enfermas mayores facilidades a la hora de ser tratadas y recuperarse y sobre todo a aquellas que por problemas de distancia no pueden acudir a un centro hospitalario. A pesar de que en España la eHealth no está muy implantada, me gustaría ver que en un futuro cercano crece, ya que considero que es un gran avance en medicina y de esto nos beneficiamos todos.

Para finalizar he de decir que estoy muy contento con el resultado final de la aplicación en su totalidad, a pesar de que aún puede mejorar más, tal y como comenté en el apartado anterior y que me gustaría que en futuro otros alumnos de la escuela como yo pudiera retomarla para ampliarla y mejorarla y que así pueda ser de verdad de ayuda para personas que padecen deterioro cognitivo.

Bibliografía

Adams, K. M., & Heaton, R. K. (1985). *Automated interpretation of neuropsychological test data*. EEUU: Journal of Consulting and Clinical Psychology, Vol 53.

Adibi, S. (2014). *mHealth Multidisciplinary Verticals*. CRC Press.

Adibi, S. (2015). *Mobile Health: A Technology Road Map*. Springer.

AHRQ. (2011). *Online Visits With Dermatologists Enhance Access to Care for Patients With Minor and Serious Skin Conditions, Boost Physician Productivity*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <https://innovations.ahrq.gov/profiles/online-visits-dermatologists-enhance-access-care-patients-minor-and-serious-skin-conditions>

American Medical Association. (2011). A Clinician's Guide to ePrescribing. Recuperado en Septiembre de 2015 de https://www.aan.com/uploadedFiles/Website_Library_Assets/Documents/3.Practice_Management/1.Reimbursement/2.Medicare/5.Electronic_Prescribing_Incentive_Program/ePrescribing%20Incentive%20Program-Clinicians%20Guide%20to%20ePrescribing.pdf

American Psychiatric Association. (2015). *Cultural Understanding*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.psychiatry.org/psychiatrists/cultural-competency>

Android (2015a). *Android Interfaces and Architecture*. Recuperado en Agosto de 2015 de <https://source.android.com/devices/index.html>

Android (2015b). *Dashboards*. Recuperado en Agosto de 2015 de https://developer.android.com/about/dashboards/index.html?utm_source=suzunone

Android (2015c). *Android Studio Overview*. Recuperado en Agosto de 2015 de <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>

Angaran, DM. (1999). *Telemedicine and Telepharmacy: Current Status and Future Implications*. American Journal of Health-System Pharmacy.

Apple (2013). *The Role of View Controllers*. Recuperado en Agosto de 2015 de <https://developer.apple.com/library/prerelease/tvos/featuredarticles/ViewControllerPGforiPhoneOS/index.html>

- Apple (2014). *About the iOS Technologies*. Recupera en Agosto de 2015 de <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Miscellaneous/Conceptual/iPhoneOSTechOverview/Introduction/Introduction.html>
- Apple (2014b). *About Objective-C*. Recuperado en Agosto de 2015 de <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Cocoa/Conceptual/ProgrammingWithObjectiveC/Introduction/Introduction.html>
- Apple (2015). *App Store*. Recupera en Agosto de 2015 de <https://developer.apple.com/support/appstore/>
- Apple (2015b). *Xcode IDE*. Recuperado en Agosto de 2015 de <https://developer.apple.com/xcode/features/>
- Apple (2015c). *The Swift Programming Language*. Recuperado en Agosto de 2015 de https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Swift/Conceptual/Swift_Programming_Language/
- Clark, G.T. (2000). *Teledentistry: What is it now, and what will it be tomorrow? Journal of the California Dental Association*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11323836>
- Collins, H. (2008). *Advanced First Responder and Medical Capabilities Could Save Lives*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.emergencymgmt.com/disaster/Advanced-First-Responder-and.html>
- Colin Mathers, M. L. (2000). *Global burden of dementia in the year 2000: summary of methods and data sources*. Europa: EURODEM.
- Crompton, H. (2013). *A historical overview of mobile learning: Toward learner-centered education*. Z. L. Berge & L. Y. Muilenburg.
- De Las Cuevas, C., Arredondo, M. T., Cabrera, M. F., Sulzenbacher, H., & Meise, U. (2006). *Randomized clinical trial of telepsychiatry through videoconference versus face-to-face conventional psychiatric treatment*. Innsbruck: Telemedicine Journal of the American Telemedicine Association.
- e-Estonia (2013). *e-Prescription*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <https://e-estonia.com/component/e-prescription/>
- Elwood, D., & Griffin, R. (1972). Individual intelligence testing without the examiner. EEUU: Journal of Consulting and Clinical Psychology, Vol 38.

- Fagerberg, J. & Kurkinen, L. (2010). *mHealth and Home Monitoring*. Berg Insight.
- Franco-Martín, M. A. (2009). *Utilidad y usabilidad de un programa de rehabilitación cognitiva por ordenador: Programa Grador. Utilidad y usabilidad de un programa de rehabilitación cognitiva por ordenador: Programa Grador*. Sant Boi de Llobregat: Charlas (paper).
- Fundación Intras. (2012). *Fundación Intras: Investigación y Tratamiento en Salud Mental y Servicios*. Recuperado en Agosto de 2015 de <http://www.intras.es/portada.php>
- Germanakos P., Mourlas C., & Samaras G. (2005). *A Mobile Agent Approach for Ubiquitous and Personalized eHealth Information Systems*. Recuperado en Septiembre de 2015 de http://www2.media.uoa.gr/~pgerman/publications/published_papers/A_Mobile_Agent_Approach_for_Ubiquitous_and_Personalized_eHealth_Information_Systems.pdf
- Goldschmidt, L.P. (2012). *Digital Teleretinal Screening Teleophthalmology in Practice*. K Yogesan, J Cuadros. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Gunter, Tracy D; Terry, Nicolas P (2005). *The Emergence of National Electronic Health Record Architectures in the United States and Australia: Models, Costs, and Questions*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1550638/>
- Health Canada (2010). *eHealth*. Recuperado en Septiembre de 2012 <http://www.hc-sc.gc.ca/hcs-sss/ehealth-esante/index-eng.php>
- Health IT (2014). *Policymaking, Regulation & Strategy*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.healthit.gov/policy-researchers-implementers/health-it-and-safety>
- Health Resources and Services Administration (2011). *U.S. Department of Health and Human Services. How does e-prescribing work?* Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.hrsa.gov/healthit/toolbox/HealthITAdoptiontoolbox/ElectronicPrescribing/e-preswork.html>
- Herwehe, J.; Wilbright, W.; Abrams, A.; Bergson, S.; Foxhood, J.; Kaiser, M.; Smith, L.; Xiao, K.; Zapata, A.; Magnus, M. (2011). *Implementation of an innovative, integrated electronic medical record (EMR) and public health information exchange for HIV/AIDS*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3341789/>
- Hoffman, J. (2011). *When Your Therapist is Only a Click Away*. Recuperado en Septiembre de 2015 de http://www.nytimes.com/2011/09/25/fashion/therapists-are-seeing-patients-online.html?_r=2
- Institute of Medicine (2000). *To err is human: building a safer health system*. Committee on Quality of Health Care in America. Institute of Medicine.

- Journal of Medical Internet Research. (2001). *What is e-Health (2): The death of telemedicine?* Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.jmir.org/2001/2/e22/>
- Kierkegaard, Patrick (2011). *Electronic health record: Wiring Europe's healthcare*. Computer Law & Security Review
- Kierkegaard, P. (2013), *E-Prescription across Europe*. Health and Technology. Springer.
- Kumar, S. (2009). *Telepathology: An Audit*. Telepathology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lewis T, Synowiec C, Lagomarsino G, Schweitzer J. (2012). *E-health in low- and middle-income countries: findings from the Center for Health Market Innovations*. Bull World Health Organ.
- Malhotra, K, Gardner, S & Rees, D. (2005). *Evaluation of GPRS Enabled Secure Remote Patient Monitoring System*. ASMTA. Riga, Latvia.
- MedRunner Inc. (2011). *e-Prescribing*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.medrunner.ca/learn-more/eprescribing/>
- Microsoft (2015). *Building a Windows Phone 8.1 starts here*. Recuperado en Agosto de 2015 de https://dev.windowsphone.com/en-US/OEM/docs/Getting_Started/Windows_Phone_architecture_overview
- Mozilla (2015). *Arquitectura del Sistema Operativo Firefox OS*. Recuperado en Agosto de 2015 de https://developer.mozilla.org/es/docs/Mozilla/Firefox_OS/Architecture
- Open Handset Alliance (2015). *Mobile Operators*. Recuperado en Agosto de 2015 de http://www.openhandsetalliance.com/oha_members.html
- Organización Mundial de la Salud. (2004). *The global burden of disease*. Recuperado en Septiembre de 2015 de http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Establishing an evidence base for eHealth: The proof is in the pudding*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/5/12-106146.pdf?ua=1>
- Organization Mundial de la Salud. (2006). *eHealth Tools and Services: Needs of Member States*. Recuperado en Septiembre de 2005 de http://www.who.int/goe/publications/ehealth_tools_services/en/

- Patrick, B. (2000). *Future care to be provided by cyber doctors*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://www.theguardian.com/society/2000/dec/07/health.healthandwellbeing>
- Sachpazidis, I. (2008). *Image and Medical Data Communication Protocols for Telemedicine and Teleradiology*. Darmstadt, Germany: Department of Computer Science, Technical University of Darmstadt.
- Savil-Smith, C., Attewell, J. & Tribal, G.S. (2006). *Mobile learning in Practice: Piloting a Mobile Learning Teachers' Toolkit in Further Education Colleges*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://gmo-enteacher.ru/materials/062526.pdf>
- Saylor, M. (2012). *The Mobile Wave: How Mobile Intelligence Will Change Everything*. Perseus Books/Vanguard Press.
- Schatz, P., & Browndyke, J. (2002). *Applications of computer-based neuropsychological assesmen*. Philadelphia: J Head Trauma Rehabil.
- Schopp, L., Demiris, G., & Glueckauf, R. L. (2006). *Rural Blackwaters or Front-Runner? Rural Telehealth in the Vanguard of Psycology Practice*. EEUU: Professional Psychology: Research and Practice, Vol 37.
- Suárez & Alonso, R. C. (2007). *Tecnologías de la información y la comunicación*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Subirà, P. C & Pradell de Montagut, A. (2003). *La receta electrónica en España*. Recuperado en Septiembre de 2015 de http://www.cursoderechofarmaceutico.es/documentacion/bloque9/bloque9_2548759861.pdf
- Swanepoel, D.W. (2009). *Telehealth in Audiology and the World's First Trans-Atlantic Hearing Test*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://archivedpublicwebsite.up.ac.za/sitefiles/file/46/848/Telehealth%20in%20Audiology%20-%20first%20transatlantic%20hearing%20test.pdf>
- Thirumurthya H, Lester RT. (2012). *M-health for health behaviour change in resource-limited settings: applications to HIV care and beyond*. Bull World Health Organ.
- Top Mobile Trends. (2014). *Mobile Tech Contributions To Healthcare & Patient Experiences*. Recuperado en Septiembre de 2015 de <http://topmobiletrends.com/mobile-technology-contributions-patient-experience-parmar/>
- Trentin, G. & Repetto, M. (2013). *Using Network and Mobile Technology to Bridge Formal and Informal Learning*, Recuperado en Septiembre de 2015 de

https://www.researchgate.net/publication/235929936_Using_Network_and_Mobile_Technology_to_Bridge_Formal_and_Informal_Learning/

United Nations Foundation & Vodafone Foundation. (2009). *mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World*. Recuperado en September de 2015 de http://www.globalproblems-globalsolutions-files.org/unf_website/assets/publications/technology/mhealth/mHealth_for_Development_full.pdf

Van Gemert-Pijnen JEW, Wynchank S, Covvey HD, Ossebaard HC (2012). *Improving the credibility of electronic health technologies*. Bull World Health Organ

Van Heerden A, Tomlinson M, Swartz L. (2012). *Point of care in your pocket: a research agenda for the field of m-health*. Bull World Health Organ.

Wootton R, Geissbuhler A, Jethwani K, Kovarik C, Person DA, Vladzimirskyy A. (2012). *Long-running telemedicine networks delivering humanitarian services: experience, performance and scientific output*. Bull World Health Organ.

Anexo 1

En este anexo se encuentran los iconos que tiene la aplicación. Todos ellos han sido diseñados por la diseñadora gráfica de interfaces Natalia García Morillo (<https://www.behance.net/nataliagm>).

El primero de ellos es el icono de la aplicación. Los demás, por orden de izquierda a derecha son, el icono de pacientes, nuevo paciente, categorías, atención, percepción, memoria, cálculo y lenguaje.

