

# UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Programa de Doctorado de Biología Molecular y Biomedicina



*Aplicación de salud y robótica en la rehabilitación cognitiva y motora de pacientes*

**Memoria presentada por**

**Cristina Suárez Mejías**

**para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla**

**Sevilla, Abril del 2017**



*Aplicación de salud y robótica en la rehabilitación cognitiva y motora de pacientes*

**Memoria presentada por:**  
**Cristina Suárez Mejías**  
**para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla**  
**Sevilla, Abril del 2017**

Directores:

Profa. Carmen Echevarría Ruiz De Vargas

Profa. María del Mar Elena Pérez

Prof. Pedro Infante Cossío

Tutor:

Prof. Antonio Ordóñez Fernández

Programa de Doctorado de Biología Molecular y Biomedicina  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA





## **Agradecimientos**

En estas breves líneas me gustaría agradecer a mis Directores y tutor de Tesis, ya que sin su conocimiento, dirección, compromiso y esfuerzo no hubiera podido llevar a cabo esta Tesis. También me gustaría agradecer a la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío participante en esta Tesis. También, cómo no, mencionar a mi responsable Don Carlos Parra por su confianza, valoración y apoyo, a mis compañeros del Grupo de Innovación del Hospital Universitario Virgen del Rocío, con los que tengo la suerte de trabajar cada día como un gran equipo, y en especial, a mi compañera y amiga Ali, quien que me ha dado muchos ánimos y ayuda.

También me gustaría agradecer y mencionar con especial atención a mi familia. A mis hijas Valentina e Inés, que me han dado más fuerzas para continuar y seguir creciendo en el ámbito profesional. A mi marido Jesús, por ser un gran padre y marido, por su paciencia, apoyo y amor. A mis padres Manoli y Valentín, ejemplos a seguir por su amor, bondad, sensatez, dedicación y buen corazón. A mis hermanas Maro y Ana, mis sobrinos y mi familia en general, que desde siempre han creído en mí y me han apoyado durante esta etapa y durante toda mi vida, sin ellos no hubiera podido conseguirlo.



## Índice

Índice figuras y tablas .....	9
Acrónimos .....	13
Estructura.....	15
Capítulo 1 Introducción.....	17
1.1. Motivación e hipótesis.....	17
1.2. Objetivos.....	19
1.3. El daño cerebral adquirido.....	20
1.3.1. Proceso de atención del paciente con daño cerebral adquirido .....	23
1.4. La PCI y PBO .....	28
1.4.1. El proceso de atención del paciente con PCI y PBO .....	31
Capítulo 2 Estado del arte .....	35
2.1. Revisión bibliográfica sobre la rehabilitación del paciente con daño cerebral adquirido.....	35
2.2. Revisión bibliográfica sobre la rehabilitación del paciente con PCI y PBO .....	40
Capítulo 3 Metodología.....	46
3.1. Análisis de requisitos.....	46
3.2. Sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido .....	49
3.2.1. Personas-Escenarios.....	50
3.2.2. Requisitos del sistema.....	58
3.2.3. Diseño del sistema .....	65
3.3. Sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente con PCI y PBO .....	68
3.3.1. Personas-Escenarios.....	69
3.3.2. Requisitos del sistema.....	72
3.3.3. Diseño del sistema .....	75
Capítulo 4 Diseño de los estudios pilotos .....	78
4.1. Pilotaje del sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido .....	78
4.2. Pilotaje del sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente con PCI y PBO .....	84
Capítulo 5 Resultados .....	89
5.1. Evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido .....	89
5.2. Evaluación del sistema robótico para la rehabilitación motora de pacientes con PCI y PBO .....	93
Capítulo 6 Viabilidad de la implantación.....	107
6.1. Evaluación de costes del sistema .....	107
6.1.1. Sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral .....	107

6.1.2. Sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente con PCI y PB....	110
6.2. Implantación y despliegue de los sistemas .....	112
Capítulo 7 Discusión.....	117
Capítulo 8 Conclusiones .....	125
Publicaciones.....	129
Referencias bibliográficas .....	133
Anexos.....	137
Anexo I: Vistas de la aplicación para la telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido desarrollada .....	137
Anexo II: Prototipos de la plataforma robótica desarrollada para el entrenamiento motor de pacientes con PCI y PBO y pruebas iniciales de usabilidad.....	151
Anexo III: Instrumentos clínicos de medida para pacientes con daño cerebral adquirido .....	159
Anexo IV: Instrumentos clínicos de medida para pacientes con PCI y PBO.....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	

# Índice figuras y tablas

## Índice de figuras

<b>Fig.1:</b> Proceso asistencial del daño cerebral adquirido.....	25
<b>Fig.2:</b> Talleres de definición de arquetipos, escenarios, necesidades relaciones, requisitos y diseño de los sistemas. ....	48
<b>Fig.3:</b> Arquitectura del sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido diseñado.....	65
<b>Fig.4:</b> Diseño del sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido.....	67
<b>Fig.5:</b> Esquema de sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente pediátrico.....	76
<b>Fig.6:</b> Diseño del sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente pediátrico. ....	77
<b>Fig.7:</b> Terapeuta ocupacional del Hospital Universitario Virgen del Rocío utilizando la aplicación diseñada y evaluando los ejercicios realizados por un paciente con la aplicación mHealth en su domicilio.....	92
<b>Fig.8:</b> Vista del paciente de la aplicación de telerehabilitación durante videoconferencia. ....	92
<b>Fig.9:</b> Vista del rehabilitador realizando una evaluación al paciente mediante videoconferencia implementada en la aplicación diseñada de telerehabilitación. ....	92
<b>Fig.10:</b> Resultados escala Mallet de 1ª, 2ª y 3ª evaluación para cada paciente, en donde cada serie representa a un paciente diferente. ....	94
<b>Fig.11:</b> Resultados escala <i>Nine hole peg test</i> de mano dominante de cada paciente. Cada color/serie representa a un paciente .....	95
<b>Fig.12:</b> Resultados escala <i>Nine hole peg test</i> de mano no dominante de cada paciente. Cada color/serie representa a un paciente. ....	96
<b>Fig.13:</b> Paciente realizando entrenamiento motor durante el pilotaje con la plataforma robótica diseñada. ....	105
<b>Fig.14:</b> Representación de la transacción <i>Patient Identity Feed</i> . ....	114
<b>Fig.15:</b> Representación de la transacción <i>AdhocQuery</i> . ....	115
<b>Fig.16:</b> Representación de la transacción <i>RetriveDocumentSet</i> . ....	116

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Arquetipo de paciente.....	51
<b>Tabla 2</b> Arquetipo de familiar/cuidador.....	52
<b>Tabla 3</b> Arquetipo de rehabilitador.....	53
<b>Tabla 4</b> Arquetipo de terapeuta ocupacional.....	54
<b>Tabla 5</b> Necesidades relaciones entre los diferentes arquetipos de usuarios del sistema de telerehabilitación cognitiva.....	56
<b>Tabla 6</b> Arquetipo de paciente.....	69
<b>Tabla 7</b> Arquetipo de fisioterapeuta.....	70
<b>Tabla 8</b> Necesidades relaciones entre los diferentes arquetipos de usuarios del sistema de rehabilitación robótico.....	71

<b>Tabla 9</b> Dimensiones e ítems valorados en los cuestionarios personalizados para cada perfil para la evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva diseñado.....	81
<b>Tabla 10</b> Dimensiones e ítems valorados en la parte cuantitativa de los cuestionarios personalizados para cada perfil para la evaluación del sistema de rehabilitación robótica diseñado.....	86
<b>Tabla 11</b> Preguntas realizadas en la parte cualitativa de los cuestionarios personalizados para cada perfil para la evaluación del sistema de rehabilitación robótica diseñado. ....	87
<b>Tabla 12</b> Datos demográficos, agente causante de daño y valoración inicial del grupo experimental y control.....	89
<b>Tabla 13</b> Medidas clínicas. Los valores en la tabla representan el valor medio $\pm$ la desviación estándar. ....	90
<b>Tabla 14</b> Resultados obtenidos de la evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva por cada perfil a través de los cuestionarios personalizados. Los valores en la tabla representan el valor medio $\pm$ la desviación estándar. ....	91
<b>Tabla 15</b> Datos demográficos y agente causante del daño.....	93
<b>Tabla 16</b> Número de sesiones de rehabilitación con plataforma robótica y duración de las mismas. ....	93
<b>Tabla 17</b> Resultados obtenidos en escala Mallet en la 1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> y 3 <sup>o</sup> evaluación. ....	94
<b>Tabla 18</b> Resultados obtenidos en escala Quest en la 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup> evaluación.....	95
<b>Tabla 19</b> Resultados obtenidos en <i>Nine hole peg test</i> en la 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup> evaluación. ....	95
<b>Tabla 20</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión utilidad percibida, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación. ....	96
<b>Tabla 21</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión facilidad de uso, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.....	97
<b>Tabla 22</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión condiciones facilitadoras, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación. ....	97
<b>Tabla 23</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión empatía/interacción social, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.....	98
<b>Tabla 24</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión utilidad percibida, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación. ....	99
<b>Tabla 25</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión facilidad de uso, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.....	99
<b>Tabla 26</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión condiciones facilitadoras, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación. ....	100
<b>Tabla 27</b> Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión empatía/interacción social, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.....	100
<b>Tabla 28</b> Resultados de la evaluación cuantitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los profesionales sanitarios al finalizar la evaluación.....	101
<b>Tabla 29</b> Resultados de la evaluación cualitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación. ....	101
<b>Tabla 30</b> Resultados de la evaluación cualitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.....	103

<b>Tabla 31</b> Resultados de la evaluación cualitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los profesionales sanitarios al finalizar el pilotaje.....	104
<b>Tabla 32</b> Costes asociados al tratamiento cognitivo convencional de un paciente perteneciente al SAS. ....	108
<b>Tabla 33</b> Costes asociados al tratamiento cognitivo proporcionado por la aplicación de telerehabilitación cognitiva diseñada para un paciente.....	109
<b>Tabla 34</b> Costes asociados al tratamiento cognitivo convencional de 30 pacientes pertenecientes al SAS.....	110
<b>Tabla 35</b> Costes asociados al tratamiento cognitivo proporcionado por la aplicación de telerehabilitación cognitiva diseñada para 30 pacientes. ....	110
<b>Tabla 36</b> Costes asociados al tratamiento motor convencional de un paciente perteneciente al SAS. ....	111
<b>Tabla 37</b> Costes asociados al tratamiento motor mediante plataforma robótica de un paciente.....	111
<b>Tabla 38</b> Tareas y estimación de costes asociados al despliegue e integración de los sistemas diseñados en el Hospital Universitario Virgen del Rocío o un hospital o servicio del SAS. ....	116





## Acrónimos

ACROSS: *Autoconfigurable Robots for Social Services*  
ACV: Accidente Cerebro Vascular.  
BDU: Base de Datos de Usuario.  
BPMN: *Bussines Process Modeling and Notation*.  
CGS: Escala de coma de Glasgow.  
DCA: Daño Cerebral adquirido.  
FIM: Medición de Independencia Funcional.  
GNPT: *Guttmann Neuropersonal programme Trainer*,  
H-CAD: *Home Care Activity Desk*.  
HELLO-DOC: *Healthcare Service Linking Telerehabilitation to Disabled People and Clinicians*.  
HL7: *Health Level 7*.  
IHE: *Integrating the Healthcare Enterprise*.  
LCFS: Escala de nivel de función cognitiva Rancho de los Amigos.  
LOPD: Ley Orgánica de Protección de Datos.  
MACO: Módulo de Acceso Centralizado de Operaciones.  
MCR: *Medical Research Council*.  
MEC: Mini examen cognitivo.  
MHealth: *Mobile Health* (Salud móvil).  
NHC: Número de historia clínica.  
NHUSA: Número de Historia Única de Salud de Andalucía.  
NIHSS: *National institute of Health Stroke Scale*.  
PBO: Parálisis Braquial Obstétrica.  
PCI: Parálisis Cerebral Infantil.  
PEP: plan Personalizado de Entrenamiento del Paciente.  
PIX: *Patient Identifier Cross Referencing*.  
SAR: Robots como entrenadores personales (*Socially Assistive robots*).  
SAS: Servicio Andaluz de Salud.  
TAM: Modelo de Aceptación de la Tecnología (*Technology Acceptance Model*)  
TCE: Traumatismo Craneoencefálico.  
XDS: *Cross-Enterprise Document Sharing*.



## Estructura

La presente Tesis está estructurada en los siguientes capítulos:

1. El *primer capítulo* presenta la motivación de esta Tesis, plantea la pregunta de investigación o hipótesis y expone los objetivos que persigue. A continuación, se realiza una introducción a las patologías, así como se indican las necesidades de rehabilitación de dichas patologías.
2. El *segundo capítulo* describe el estado del arte referente al uso de tecnologías de mHealth y de robótica aplicadas a la rehabilitación de pacientes con daño cerebral adquirido y con parálisis cerebral infantil y braquial obstétrica.
3. En el *tercer capítulo* se define la metodología a seguir para la identificación de los requisitos y el diseño de los dos sistemas de rehabilitación desarrollados en la presente Tesis.
4. En el *cuarto capítulo* se define el diseño de los estudios pilotos que se han realizado para la evaluación de ambos sistemas, definiendo los criterios de inclusión, exclusión, así como las variables e instrumentos de medida.
5. En el *quinto capítulo* se muestran los resultados obtenidos tras realizar los dos pilotajes de ambos sistemas con pacientes reales pertenecientes al Hospital Universitario Virgen del Rocío.
6. En el *sexto capítulo* se analiza la viabilidad de la implantación de los sistemas. Para ello, se analiza el impacto económico y se identifican los requisitos, tareas y recursos necesarios para poder realizar el despliegue e implantación los dos sistemas en un hospital.
7. En el *séptimo capítulo* se analizan los resultados obtenidos del pilotaje de los dos sistemas diseñados y se indican las líneas futuras de trabajo.
8. En el *octavo y último capítulo* se exponen las conclusiones obtenidas tras el desarrollo de esta Tesis.



# Capítulo 1 Introducción

## 1.1. Motivación e hipótesis

La discapacidad de origen neurológico adquirido, por una lesión medular o por la instauración de un daño cerebral, se prevé que en el año 2020 se posicione como uno de los cinco primeros puestos entre los problemas de salud con mayor repercusión. Los recientes avances médicos han permitido una mayor supervivencia de los pacientes que han sufrido lesiones cerebrales adquiridas, principalmente traumatismos craneoencefálicos (TCE) y accidentes vasculares cerebrales (ACV). Este aumento de supervivencia va ligado al incremento en el número de secuelas que se manifiestan a diferentes niveles (físico, metabólico, cognitivo, emocional, conductual, etc.), afectando considerablemente la calidad de vida del individuo y de su familia y haciendo necesario un tratamiento rehabilitador.

Aunque el tratamiento rehabilitador permite reducir el grado de afectación de los pacientes, un porcentaje de ellos continuarán presentando déficit que dificultan su capacidad funcional y de relación con su entorno.

La rehabilitación de estos pacientes es un proceso costoso y los recursos de los que se puede dedicar son limitados, lo que dificulta la extensión de los tratamientos cognitivos rehabilitadores realizados en los centros hospitalarios. Éste hecho hace carente la necesidad de su optimización, a fin de aumentar su eficacia, maximizando la eficiencia.

Por otro lado, en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica, que entre otros aspectos, han permitido el surgimiento de sistemas de salud móvil, conocidos con el término de mHealth (*Mobile Health*) o mSalud, aportando una nueva cartera de servicios desde el sistema sanitario.

Según la Organización Mundial de la Salud en el concepto de mHealth se engloba la práctica de la medicina y la salud pública, soportada por dispositivos móviles como teléfonos móviles, dispositivos de monitorización de pacientes, asistentes personales digitales y otros dispositivos inalámbricos. La telerehabilitación se puede concebir como una nueva modalidad de prestación de servicios clínicos, intensivos, sostenibles y personalizados. Con la telerehabilitación se pueden reducir los costes de los tratamientos, mejorando la accesibilidad a los programas rehabilitadores a pacientes que por sus dificultades de movilidad (geográfica, físicas o de dependencia) no pueden desplazarse a un centro rehabilitador, así como en general a todos los pacientes que

precisen de tratamiento, evitando su desplazamiento a los centros de salud. También permite la aplicación de programas flexibles, prolongados en el tiempo y personalizados al estar adaptado al déficit del usuario.

Como valor añadido, con la telerehabilitación se podría monitorizar el progreso del paciente mediante un seguimiento continuado y efectivo del tratamiento, con la posibilidad de modificar el programa de rehabilitación en función de los resultados. También permitirá compartir e intercambiar información entre los profesionales de la salud, los pacientes, familiares y cuidadores. De esta forma, la telerehabilitación podría ser una nueva modalidad de prestación de servicios clínicos, sostenibles y personalizados.

Por otro lado, existe una población considerable de pacientes pediátricos con parálisis cerebral infantil o (PCI) parálisis braquial obstétrica (PBO) que presentan problemas en su movilidad y requieren rehabilitación motora. Con la rehabilitación se persigue la recuperación de la funcionalidad motora a través del entrenamiento repetitivo de programas terapéuticos específicos. El tratamiento requiere de terapias de rehabilitación intensivas y duraderas, pues solo estas terapias consiguen un mejor nivel de autonomía personal o capacidad de trabajo. Estas terapias demandan una importante dedicación y esfuerzo por parte de los profesionales encargados de las mismas.

En la última década, la robótica se ha convertido en una herramienta práctica e interesante para llevar a cabo estas actividades en el dominio de la rehabilitación médica. En concreto, uno de los campos de investigación más activos es el del diseño de robots sociales de estimulación interactiva. Estos robots se diseñan como asistentes a los profesionales sanitarios y buscan establecer una interacción terapéutica con el paciente, sin que exista contacto físico entre ambos. Para ello, el robot basa esta interacción en factores como las emociones, diálogos o personalidad, así como en el uso de modelos de usuario y esquemas de aprendizaje, que le permitan adquirir comportamientos socialmente correctos que den respuesta a nuevas situaciones. A un coste muy eficiente, la robótica puede ofrecer una solución para llevar a cabo estas terapias individuales, duraderas y personalizadas, aportando un asistente que dé soporte a los profesionales clínicos en el área de la rehabilitación gracias a su capacidad para proporcionar al paciente motivación y guía, disminuyendo el cansancio. Además, el robot podría dirigir y monitorizar el progreso conseguido con la terapia física. En ese sentido, se plantea como hipótesis que el uso de robots sociales para la rehabilitación motora de los pacientes infantiles con PBO o PCI proporcionaría una terapia funcionalmente válida y económicamente viable.

Además, la plataforma robótica podría mejorar el nivel de motivación de los pacientes, así como la adherencia al tratamiento. El aumento de adherencia se podría traducir en una mejora en los resultados del entrenamiento motor. Por otro lado, del uso

que los profesionales sanitarios hacen del robot como soporte para la terapia, se plantea como hipótesis que el robot social sea una herramienta útil tanto para la programación de la terapia, como para su desarrollo y seguimiento.

### 1.2. Objetivos

El objetivo de la presente Tesis es diseñar y validar dos sistemas de rehabilitación de pacientes que usan tecnologías innovadoras. El primer sistema se centrará en la rehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido mediante tecnología de mHealth. Así, el paciente mediante un dispositivo TIC móvil, realizará desde fuera del hospital el tratamiento prescrito por los profesionales clínicos y bajo su supervisión. También podrá comunicarse mediante envío de mensajes o videoconferencia con los profesionales clínicos para realizarles consultas sobre su tratamiento y para ser evaluado, sin precisar el desplazamiento del paciente y cuidadores al hospital.

El segundo sistema se centra en la rehabilitación motora de pacientes pediátricos con PCI y PBO mediante el uso de la robótica. La idea es introducir la robótica como un asistente al fisioterapeuta y al médico rehabilitador, de forma que el paciente con el robot se sienta inmerso en un juego, a la vez que realiza la rehabilitación de forma motivada.

A continuación, se indican los objetivos específicos para cada uno de los dos sistemas a diseñar y validar en la presente Tesis. Para el sistema de rehabilitación cognitiva basada en mHealth los objetivos específicos que se persiguen son los siguientes:

- Validar la tecnología de mHealth en la rehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido frente a tratamientos convencionales.
- Mejorar la accesibilidad de pacientes con daño cerebral adquirido a tratamientos de rehabilitación cognitivos mediante el uso de tecnologías móviles.
- Llevar a cabo un tratamiento prescrito de telerehabilitación cognitiva personalizado con posibilidad de reajustes si es necesario, sin necesidad de desplazamiento por parte del paciente ni del cuidador.
- Optimizar el tiempo de pacientes y cuidadores dedicado al entrenamiento rehabilitador y seguimiento, al reducir la frecuencia de desplazamiento al centro hospitalario.
- Disponer de un mecanismo que posibilite al profesional clínico el seguimiento y evolución del paciente mediante el uso de mHealth.

Para el sistema de rehabilitación motora de pacientes pediátricos basado en la robótica, los objetivos específicos que se persiguen son los siguientes:

- Diseñar un sistema robótico con el suficiente grado de autonomía y de versatilidad, de forma que pueda adaptarse al paciente y al entorno clínico que le rodea.
- Incorporar al sistema refuerzos positivos que posibiliten motivar y guiar a los pacientes en su tratamiento, mejorando la adherencia de éstos a la terapia.
- Validar la tecnología robótica en la rehabilitación de pacientes pediátricos con necesidades motoras frente a tratamientos convencionales.

### 1.3. El daño cerebral adquirido

El daño cerebral adquirido, según la Federación Española de daño cerebral, es el resultado de una lesión súbita en el cerebro que produce diversas secuelas de carácter físico, psíquico y sensorial. Estas secuelas desarrollan anomalías en la percepción sensorial, alteraciones cognitivas y alteraciones del plano emocional. Las causas más comunes del daño cerebral adquirido son los traumatismos craneoencefálicos (TCE), los accidentes cerebrovasculares (ACV o ictus), los tumores cerebrales, las anoxias cerebrales y las infecciones cerebrales.

Los ACV son también conocidos como ictus. Se tratan de cuadros clínicos generados por la interrupción, más o menos repentina, del flujo sanguíneo en una región del cerebro. Ello da lugar a una isquemia y una pérdida de la función de la que es responsable esa área del cerebro. El ACV provoca gran variedad de déficit y discapacidad. La *American Heart Association-Stroke Outcome Classification* (Kelly-Hayes et al, 1998) sistematiza los déficit neurológicos provocados por ictus en seis áreas: motora, sensitiva, visual, de lenguaje o comunicación, cognitiva o intelectual y emocional.

Los TCE están caracterizados por la absorción brusca de gran cantidad de energía cinética. Las lesiones más habituales son las contusiones por golpe y contragolpe y las contusiones por el roce con las estructuras óseas de la base del cráneo. Este conjunto de lesiones suele verse acompañado en las fases iniciales por la formación de importantes edemas cerebrales y la consecuente pérdida de conciencia o “coma”. La profundidad de la pérdida de conciencia y la duración de la misma, son dos de los marcadores principales para establecer la severidad del daño cerebral.

Las consecuencias provocadas por el daño cerebral adquirido están relacionadas con el hemisferio en el que se produce el ACV o en el que se ve afectado por el TCE. El



hemisferio derecho está encargado de las actividades que se denominan no verbales, es decir, las que son de naturaleza visoespaciales, como el tratamiento y el almacenamiento de informaciones visuales y táctiles y todo lo que concierne sobre el reconocimiento de formas y la orientación en el espacio. De forma, que si el daño se origina en el hemisferio derecho, pueden aparecer problemas en la percepción del espacio que pueden conllevar caídas, si el paciente no es capaz de determinar la distancia real existente entre dos puntos e incluso provocar que el paciente sea incapaz de dirigir sus manos hacia un objeto que desee alcanzar. Así mismo, puede ocurrir negligencia izquierda que provocará que ignoren aquellos objetos y/o personas, animales, etc., situados al lado izquierdo del enfermo. Sin embargo, si el daño se origina en el hemisferio izquierdo, las consecuencias pueden relacionarse con el lenguaje. Concretamente, esta consecuencia es la afasia, una incapacidad parcial o total para usar el lenguaje que puede producir mutismo, disminución de la fluencia, dificultad para encontrar las palabras adecuadas para expresar determinados conceptos, dificultad para comprender los mensajes que se reciben, etc. Además, la afectación en el lenguaje suele afectar a la lectura y la escritura.

Atendiendo ahora a las consecuencias físicas que se producen en el hemisferio derecho, se detecta que una de éstas es la hemiplejía izquierda, lo cual provoca parálisis del lado izquierdo. Sin embargo, si el daño se produce en el hemisferio izquierdo, dicha parálisis se puede producir en el lado derecho. Por otro lado, si este último hemisferio se ve afectado, pueden existir problemas de desequilibrio, falta de coordinación, mareo, náuseas e incluso vómitos. Así mismo, se pueden encontrar interferencia en funciones involuntarias propias como la respiración, el latido del corazón, presión arterial, movimientos de los globos oculares o en la deglución, entre otros. Por todo ello, puede comprobarse que el padecimiento de un daño cerebral puede conllevar graves consecuencias en el paciente.

Según la Organización Mundial de la Salud, el accidente ACV es una de las principales enfermedades no contagiosas. Tras las enfermedades coronarias, el ACV es la causa de muerte más común en la mayoría de los países desarrollados. Cada año, 15 millones de personas sufren ACV. El TCE es la principal causa de muerte y discapacidad en niños y jóvenes en todo el mundo (*World Health Organization*, 2007), y está relacionado en aproximadamente la mitad de las muertes sobrevenidas de forma traumática. En el caso de la incapacidad provocada por el TCE, implica para el paciente la pérdida de muchos años de vida productiva debido a la discapacidad, además de generar un gran coste económico para el Sistema Socio-Sanitario y sus familiares. En otro informe (*World Health Organization*, 2004) la Organización Mundial de la Salud predice que para el año 2020, el ACV y el TCE estarán entre las 5 primeras etiologías respecto a los costes médicos asociados y al coste de la discapacidad ajustado por calidad de vida.

El Plan Integral de Atención a la Accidentabilidad de Andalucía 2007-2012 define la dependencia como “un estado en el que se encuentran las personas que por razones ligadas a la falta o la pérdida de autonomía física, psíquica o intelectual, tienen necesidad de asistencia y/o ayudas a fin de realizar los actos corrientes de la vida diaria y, de modo particular, los referentes al cuidado personal”. En este contexto se engloban los TCE. En la Comunidad Autónoma de Andalucía, según los datos recogidos en el dicho plan en el periodo 2007-2012, la incidencia del TCE, como en otros países del entorno, se sitúa entre 150-200 casos/100.000 habitantes por año. Estimándose que 850 presentarían una discapacidad severa y aproximadamente 1.700 una discapacidad moderada. Como valor añadido, una de las principales características de esta población es la edad en que se producen. El grupo poblacional de mayor riesgo es el comprendido entre los 15 y 24 años, y su etiología más frecuente son los accidentes de tráfico y otro a partir de los 65 años, debido a las caídas. Un porcentaje considerable de los casos de TCE sufre secuelas físicas, cognitivas, emocionales y sociales graves, que limitan la capacidad funcional, condicionando la autonomía y calidad de vida, así como repercutiendo directamente sobre el desempeño del entorno familiar.

Llegado a este punto, conviene esclarecer el significado de términos tales como calidad de vida, autonomía, dependencia y discapacidad, ya que son parámetros fundamentales a considerar tras sufrir un ACV o un TCE.

Según la OMS, la calidad de vida es “la percepción individual de la propia posición en la vida dentro del contexto del sistema cultural y de los valores en que se vive y en relación con sus objetivos, esperanzas, normas y preocupaciones.”

La Ley de Promoción de Autonomía Personal y Atención a las Personas en situación de Dependencia, entiende por autonomía “la capacidad de controlar, afrontar y tomar, por propia iniciativa, decisiones personales acerca de cómo vivir de acuerdo con las normas y preferencias propias, así como de desarrollar las actividades básicas de la vida diaria”. Dependencia, es “el estado de carácter permanente en que se encuentran las personas que, por razones derivadas de la edad, la enfermedad o la discapacidad, y ligadas a la falta o a la pérdida de autonomía física, mental, intelectual o sensorial, precisan de la atención de otra u otras personas o ayudas importantes para realizar actividades básicas de la vida diaria o, en el caso de las personas con discapacidad intelectual o enfermedad mental, de otros apoyos para su autonomía personal”.

La Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF) define la discapacidad como un término genérico que abarca deficiencias, limitaciones de la actividad y restricciones a la participación. Se entiende por discapacidad la interacción entre las personas que padecen alguna enfermedad y los factores personales y ambientales.

Todas estas características hacen que los pacientes con daño cerebral pueden derivar en una discapacidad, en una situación de dependencia, en pérdida de autonomía personal, así como en una disminución de la calidad de vida de la persona. En consecuencia, estos pacientes no solo requieren los servicios de urgencia y hospitalarios asistenciales, sino que también precisan servicios de rehabilitación que pueden alargarse durante años. Asimismo, desde el punto de vista social desarrollan una gran dependencia de la familia y ven considerablemente disminuida su capacidad productiva por lo que finalmente mediante la rehabilitación han de buscar la reinserción social, familiar y profesional de la persona afectada (*World Health Organization, 2007*).

### **1.3.1. Proceso de atención del paciente con daño cerebral adquirido**

El daño cerebral adquirido como se ha indicado, puede producir una serie de consecuencias en las personas que las padecen. A continuación, se indican las posibles complicaciones, acciones y protocolo realizados por los profesionales clínicos responsables.

1) *Disfagia*: Todos los pacientes en los que se identifiquen trastornos de deglución, son valorados mediante exploración clínica, técnicas específicas y la realización de pruebas complementarias determinando la severidad del trastorno de deglución, el tipo de alteración y el pronóstico de la disfagia. En base a la valoración, se identifican las estrategias de tratamiento óptimo con la elección de la vía de alimentación y la elaboración del programa de intervención realizado por logopedia. Los objetivos del tratamiento de la disfagia son prevenir complicaciones y restaurar la deglución de forma segura.

2) *Déficit Motor y Sensitivo*: Los objetivos de la rehabilitación de esta complicación se centran en restaurar el control motor, restaurar la capacidad de marcha y las actividades relacionadas con ellas, mejorar la función de la extremidad superior y mejorar el nivel de independencia en las actividades básicas de la vida diaria. En concreto:

2.1) *Reeducación de la marcha*: Se realiza un plan de tratamiento individualizado, con la aplicación de técnicas de reaprendizaje motor orientadas a tareas. El reaprendizaje requiere un entrenamiento repetitivo e intenso, progresivo en su dificultad, técnicas de fortalecimiento muscular, técnicas de reacondicionamiento físico (se realiza en los pacientes funcionalmente seguros) y adaptación y prescripción de prótesis de tobillo y pie para la reeducación de la marcha.

2.2) *Función de la extremidad superior:* La intervención sobre el déficit funcional de la extremidad superior, tiene como objetivo mantener una extremidad sin limitación, libre de dolor y mejorar el nivel funcional de independencia. La rehabilitación se realiza mediante terapia del movimiento inducido, restricción del lado sano en aquellos pacientes seleccionados que cumplen los criterios establecidos y entrenamiento orientado a tareas específicas, para mejorar la función global y su implicación en las actividades básicas de la vida diaria.

3) *Espasticidad:* El abordaje de la espasticidad se realiza mediante tratamiento farmacológico oral, toxina botulínica, terapia intratecal y tratamiento no farmacológico consistentes en ortesis, fisioterapia, etc.

4) *Trastornos de lenguaje y comunicación:* Los pacientes con déficit del lenguaje y comunicación, una vez valorados, inician el tratamiento de rehabilitación precozmente. Se realiza por parte del logopeda de la Unidad y los objetivos son facilitar la recuperación de comunicación, ayudar a desarrollar estrategias de comunicación e iniciar el programa de educación de pacientes/ familia para facilitar la comunicación.

5) *Trastornos de percepción, heminegligencia visuoespacial:* La heminegligencia espacial es una de los trastornos más incapacitantes del daño cerebral adquirido. La rehabilitación de esta área se realiza por parte del profesional de terapia ocupacional y consiste en la activación de la estimulación sensorial y el entrenamiento de actividades básicas.

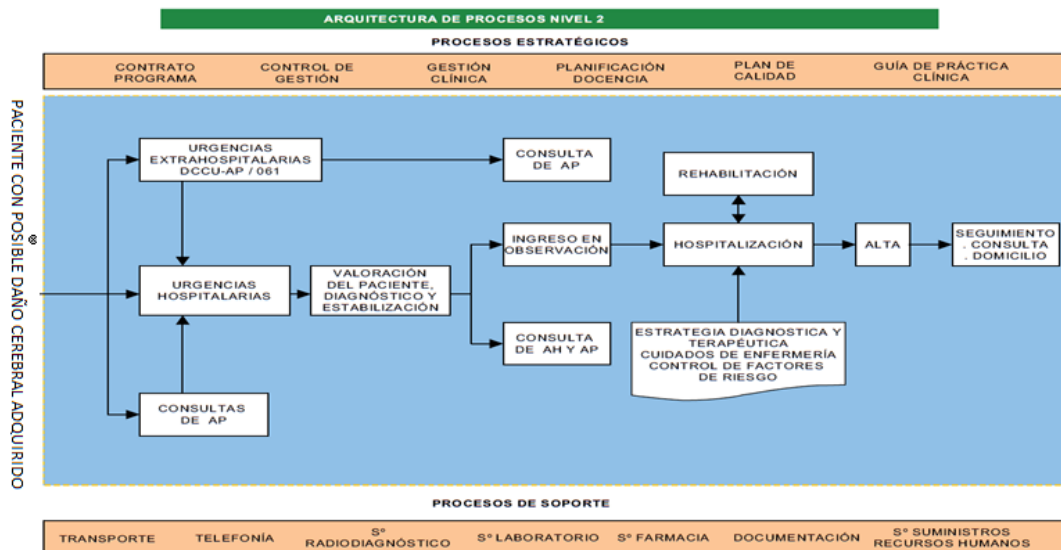
6) *Actividades de la vida diaria:* en todos los pacientes que presentan un nivel funcional distinto al previo, se realiza el entrenamiento en las actividades de la vida diaria por parte de terapia ocupacional, con el objetivo de proporcionar la mayor independencia funcional.

7) *Complicación vesical e intestinal:* El tratamiento de esfínteres debe ser considerado como parte del programa de tratamiento de rehabilitación de estos pacientes. En todos los pacientes se valora la alteración del esfínter vesical y la existencia de retención urinaria o de incontinencia y se trabaja sobre estos aspectos en caso de estar afectados.

El documento de Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud 2009 (Ministerio de Sanidad y Política social, 2009) indica que para asegurar la máxima recuperación del paciente es necesario disponer de un plan integral de actuaciones. De forma, que además de definir el proceso de actuación y tratamiento, también es importante definir el proceso rehabilitador, dado que se ha demostrado que la

rehabilitación del daño cerebral adquirido es eficaz, sobre todo si se realiza dentro de programas específicos.

En ese sentido, el programa de tratamiento de rehabilitación del paciente con daño cerebral adquirido es proporcionado en un marco multidisciplinar que coordinado por un médico especialista en rehabilitación engloba a fisioterapia, terapia ocupacional, logopedia, trabajador social, enfermera y técnico ortopédico. La intensidad del tratamiento se instaura en base a las necesidades individuales, a la tolerancia y el grado de recuperación que presente, con el objetivo de restablecer el nivel funcional del paciente. La intensidad de terapia debe ser incrementada en base a la tolerancia y las necesidades del paciente. Cuando un paciente padece un daño cerebral adquirido, el paciente dentro de la organización asistencial de la unidad de rehabilitación pasa por las diferentes fases asistenciales que se describen a continuación (Fig. 1):



**Fig.1:** Proceso asistencial del daño cerebral adquirido.

a) **Fase hospitalaria:** Durante la fase aguda de hospitalización, todo paciente con un nivel funcional distinto al previo, es valorado por rehabilitación precozmente, tan pronto como las condiciones clínicas del paciente lo permitan, dentro de las primeras 24 h de admisión. La valoración de estos pacientes se realiza mediante el empleo de instrumentos de medidas que incluye:

- Severidad del déficit neurológico.
- Comorbilidad clínica.
- Trastornos de deglución y nutrición.
- Función vesical e intestinal.
- Déficit motor.

- Espasticidad.
- Lenguaje y comunicación.
- Trastornos cognitivos y de percepción.
- Déficit visuales.
- Trastornos afectivos.
- Nivel funcional que presenta.

En base a esta valoración se instaura un plan de tratamiento individualizado que refleje la severidad del daño cerebral adquirido, el déficit establecido y las necesidades objetivos de estos pacientes. En esta primera fase los objetivos van encaminados a prevenir las complicaciones que pueden interferir en el proceso de recuperación y minimizar el déficit establecido. Estos objetivos se alcanzan mediante:

- Tratamiento de fisioterapia:
  - Movilización precoz.
  - Técnicas de tratamiento postural: técnicas de posicionamiento y de cuidados posturales.
- Valoración y tratamiento de los Trastornos de deglución y Nutrición:
  - Logopedia.
  - Unidad de Nutrición hospitalaria.
- Control de esfínteres.

b) **Continuidad asistencial:** Los criterios fundamentales a tener en cuenta para pasar a esta fase son la estabilidad clínica, severidad del ictus, los factores pronóstico de recuperación, el nivel funcional, la intensidad necesaria del programa de rehabilitación, el tipo de terapia, la capacidad de aprender y el soporte familiar y social que presente el paciente. El proceso previo al alta hospitalaria, se realiza con la valoración del paciente y familia con el objetivo de:

- Determinar el entorno óptimo para continuidad de tratamiento rehabilitador.
- Determinar las necesidades de domicilio, asegurar la seguridad del alta hospitalaria al domicilio.

Este proceso se realiza con la intervención de la enfermera de enlace desde atención especializada (hospitalaria) a atención primaria, con el objetivo de valorar las necesidades en el domicilio del paciente y el trabajador social.

Durante el programa de tratamiento de rehabilitación, periódicamente, se realizan reuniones semanales por todo el equipo multidisciplinar que atiende a los pacientes. Estas reuniones tienen como objetivos considerar los resultados alcanzados por el paciente, evaluar los objetivos de tratamiento planteados, realizar toma de

decisiones y planificar el alta de tratamiento. Dependiendo de la severidad del daño cerebral, la continuidad asistencial puede realizarse fundamentalmente mediante dos tipos de rehabilitación:

- **Rehabilitación hospitalaria:** En pacientes con daño cerebral moderado o severo, según el nivel funcional, que precisan atención médica, y que tienen unas condiciones médicas y cognitivas que les permiten participar en el programa de rehabilitación. Una vez dados de alta continuarán realizando programa de Rehabilitación en régimen ambulatorio.
  
- **Rehabilitación ambulatoria:** En pacientes clínicamente estables, sin déficit cognitivos importantes, con discapacidad moderada en una o dos áreas funcionales, que presentan un adecuado apoyo socio familiar que han recibido alta hospitalaria y que disponen de posibilidad de desplazamiento al servicio de rehabilitación. En el programa de tratamiento en régimen ambulatorio la intensidad del tratamiento es la siguiente:
  - Fisioterapia: 1 hora/día
  - Terapia Ocupacional: 1 hora/día
  - Logopedia: 3 veces /semana

**c) Intervenciones específicas:** La selección de métodos y técnicas de tratamiento incluidas en el programa de rehabilitación, son instauradas en base a los déficits corporales establecidos, las limitaciones y las complicaciones existentes en estos pacientes.

Como se ha indicado, el plan terapéutico se instaura a nivel hospitalario, pero deberá continuar durante un largo periodo, primero a nivel ambulatorio u hospital de día y, a continuación, en un centro próximo al domicilio o incluso en el propio domicilio. Hay que tener en cuenta, que se están tratando secuelas severas a consecuencia de lesiones cerebrales. Ello implica, la necesidad de continuación de tratamiento incluso años después de la lesión.

En ese sentido, la plataforma mHealth que va a ser diseñada en la presente Tesis, se centra en la telerehabilitación cognitiva y tiene como objetivo el soporte a los profesionales clínicos principalmente en la fase de rehabilitación ambulatoria, aunque se podría extender su uso una vez dado de alta al paciente de la fase ambulatoria, dando soporte a los profesionales que entrenen al paciente en un centro de rehabilitación próximo al domicilio, etc.

### 1.4. La PCI y PBO

La PCI es un trastorno del movimiento y de la postura que aparece durante la infancia. La PCI engloba a una amplia variedad de síntomas que producen una lesión en el cerebro durante su desarrollo. La PCI se produce por una lesión puntual, es decir la causa que la origina sucede una vez y son muy variadas. La mayoría suceden antes del nacimiento. La causa más frecuente tras el nacimiento suele ser partos prematuros, pero también los accidentes vasculares, falta de oxigenación, malformaciones, traumatismos, infecciones, etc. La PCI además de afectar a la motricidad y a la postura puede dañar la visión, el lenguaje, la audición, etc.

Aunque la lesión es puntual y no avanza, las manifestaciones clínicas cambian con el tiempo y por tanto los problemas musculares y óseos progresan, si no se tratan. En ese sentido, el tratamiento va dirigido principalmente a mejorar la movilidad, la postura y evitar complicaciones. La PCI se puede clasificar según su variabilidad en relación al tono muscular, distribución anatómica y su gravedad. En relación al tono muscular, se distinguen la PCI espástica, discinética y atáxica.

La parálisis cerebral espástica es la más frecuente (70-80% de los casos). Espástico significa rígido. Las extremidades afectadas presentan músculos en constante contracción y los músculos opuestos son débiles, esto provoca un desequilibrio de las fuerzas que intervienen en las articulaciones, afectando a la movilidad. Estos pacientes al tener los músculos afectados contraídos, los movimientos son rígidos y poco armoniosos. Los síntomas más comunes incluyen músculos, articulaciones tensas y que no se estiran por completo, marcha anormal, debilidad muscular o pérdida de movimiento en un grupo de músculos. Los síntomas pueden afectar a los miembros superiores y/o inferiores. En el brazo, los músculos flexores están en continua contracción, les cuesta separar el brazo del tronco y girarlo hacia fuera, extender el codo y la muñeca, girar la palma de la mano hacia arriba y abrir la mano separando los dedos. El pulgar está flexionado y queda incluido en la palma de la mano, dificultando mucho la manipulación.

La parálisis cerebral discinética es menos frecuente afectando a un porcentaje entre el 10% y el 15% de los pacientes. Discinesia significa alteración en el movimiento. En ese sentido, los pacientes que sufren esta patología presentan movimientos repetitivos, imprecisos y no coordinados debido a que se producen contracciones involuntarias.

La parálisis cerebral atáxica es la más infrecuente y consiste en una alteración en el equilibrio y en la coordinación. Los movimientos finos de estos pacientes son muy difíciles de completar.



En cuanto a la extensión de la lesión, la parálisis cerebral espástica se puede clasificar a su vez en los siguientes:

- Monoparesia: afecta sólo a un miembro, generalmente el miembro superior.
- Diplejia: afecta a ambos miembros inferiores.
- Hemiplejia: afecta a un lado del cuerpo, un miembro superior y un miembro inferior del mismo lado.
- Tetraparesia: afecta a los cuatro miembros.

La clasificación de la PCI en función de la gravedad permite clasificar al paciente según su autonomía.

La incidencia de la parálisis cerebral a nivel mundial es de 2/1.000 nacidos en los países desarrollados, y de 2.5/1.000 en países en desarrollo (García y Restrepo, 2011). Estos datos suponen una alta demanda de servicios de tratamiento y rehabilitación para los centros clínicos. En particular, respecto a la atención asistencial en el Hospital Universitario Virgen del Rocío, cabe mencionar que durante el año 2015 se atendieron 946 primeras consultas de rehabilitación infantil y parálisis cerebral y 3.154 en el caso de sucesivas consultas.

La PBO es una lesión en los nervios periféricos del plexo braquial que afecta a la extremidad superior y sobreviene por un traumatismo producido durante el parto. Dicha lesión, puede provocar la pérdida de movilidad y/o sensibilidad en el miembro superior (brazo, antebrazo o mano).

La aparición de la PBO se asocia a partos complicados y, en raras ocasiones, a partos por cesárea. Se produce por una fuerza de tracción que se ejerce en el brazo o en la cabeza en el momento de nacer. Estos miembros pueden estar sometidos a presión prolongada y en el momento del nacimiento durante el expulsivo, la cabeza sale, pero no los hombros que quedan atrapados, detenidos detrás de la sínfisis del pubis materno (estructura ósea); este hecho es conocido como distocia de hombros. La hiperextensión de la cabeza puede ejercer tracción sobre las raíces y el plexo braquial. Por otro lado, los nervios periféricos que transcurren por debajo del tejido subcutáneo son vulnerables a la presión y por tanto parte pueden ser extraídos y por ello se produce la lesión en el plexo braquial. En los casos de cesáreas la PBO sucede por causa del uso de anestesia profunda, que produce una excesiva relajación de los músculos del feto y su extracción propicia la lesión.

La PBO se produce en dos de cada mil nacimientos (2/1.000), es decir, en el 0.2% de los partos, aumentando este porcentaje considerablemente en bebés macrosómicos, por encima de los 4.0 a los 4.5kg de peso. La incidencia tiende a disminuir en los últimos años, sobre todo por el empleo de mejores prácticas obstétrica. Aunque no se

puede predecir, sí que existen factores que incrementan las probabilidades de que esta lesión se produzca como parto prolongado, exceso del peso del feto, obesidad materna, aumento ponderal excesivo del peso de la madre durante el embarazo, diabetes gestacional, diabetes materna, parto instrumentado, contractura de los músculos pélvicos maternos, embarazo prolongado o postérmino, etc. El pronóstico de esta lesión vendrá marcado por el número de raíces nerviosas que hayan sido afectadas y de la gravedad del traumatismo que la ocasionó.

La PBO se clasifica en función de la intensidad del daño en:

- Neuropraxia: consiste en un bloqueo transitorio de la función del nervio y la recuperación se logra habitualmente en dos semanas.
- Axonotmesis: (sección de axones) Están seccionados los cilindroejes, pero las vainas del nervio permanecen indemnes, en el cabo distal se produce degeneración del cilindroeje, pero la regeneración se lleva a buen término.
- Neurotmesis: consiste en la sección completa del nervio, incluidas sus envolturas. Presenta pérdida motora y sensitiva. Aún en las mejores condiciones, la recuperación funcional no es perfecta, pues es imposible que los axones en crecimiento neuroticen justamente en los tubos endoneurales originales.

Los efectos de las lesiones producidos por la PBO son:

- Motores: la interrupción del nervio motor produce parálisis de la neurona motora inferior, con pérdida de los reflejos del tono y toda la actividad contráctil de los músculos inervados por él, con la consiguiente atrofia del músculo y de los tejidos blandos. Por la falta de movimiento pueden establecerse adherencias entre los tendones y la vaina con aparición de tejido fibroso en músculos y articulaciones.
- Sensoriales: los efectos sensoriales consisten en pérdidas de las sensaciones cutáneas y propioceptivas.
- Autónomos: la lesión de los nervios simpáticos produce pérdida de la sudoración y la piel, primero tiende a tornarse escamosa y después a ser fina y lustrosa. La extremidad adopta la temperatura ambiente; para mantener la circulación adecuada, es fundamental
- al proteger la mano con un guante en el bebé especialmente si hace frío.

### **1.4.1. El proceso de atención del paciente con PCI y PBO**

El proceso de atención del paciente con PCI es un caso específico dentro del proceso de atención de la parálisis cerebral y por tanto, el proceso de atención se engloba dentro del proceso de parálisis cerebral descrito anteriormente en la sección 1.3.1.

En relación a la PBO, el proceso de rehabilitación de estos pacientes se realiza también desde un abordaje multidisciplinario, donde el paciente diagnóstico de PBO es evaluado integralmente por rehabilitadores que marcan los objetivos de rehabilitación de estos pacientes. Con dichos objetivos los fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales definen un plan personalizado de entrenamiento que se inician de forma inmediata con la estimulación de los tejidos afectados. La función del movimiento pasivo es prevenir las contracturas articulares, que surgen secundariamente del desbalance muscular que ocurre por no estar afectados o recuperarse ciertos músculos.

La rehabilitación debe iniciarse de forma temprana, de ello dependerá el resultado final y el grado de recuperación neurológica. Los padres y/o cuidadores deben comprender el motivo del tratamiento y adquirir nociones de cómo se realiza, ya que es muy importante que continúen los ejercicios en casa. Para ello, los profesionales del área de rehabilitación facilitan a las familias una serie de guías para el movimiento articular del miembro superior en el niño. El objetivo fundamental de este tratamiento es asegurar las condiciones necesarias para la recuperación funcional tan pronto como se produzca la regeneración nerviosa, lo que implica prevención de acortamientos musculares, tejidos blandos y deformidades articulares. Para ello es preciso entrenar el control motor con la práctica de actividades de desarrollo motor. Las sesiones deben ser regulares, varias veces por semana.

La rehabilitación comienza con movimientos articulares suaves y una estimulación sensorio perceptiva. Para la recuperación de la motricidad de estos pacientes es necesario mantener la amplitud del movimiento articular y estimular el movimiento activo. Finalmente, se debe recuperar la fuerza muscular mediante ejercicios fortalecedores, tratando de alcanzar el máximo desarrollo de actividades, aun en presencia de una función neural y muscular incompletas. Asimismo, los pacientes reciben un tratamiento conservador, mediante la rehabilitación con terapia física. Yanet et al (Yanes et al, 2014) describe el tratamiento rehabilitador en las primeras tres semanas del paciente nacido de la siguiente forma:

- Tratamiento postural con abducción de hombro 90° y flexión de codo 90°.

- No movilizar para evitar dolor (posible fractura de clavícula), o estiramientos excesivos a nivel de la zona de cicatrización.
- Orientaciones sobre el manejo adecuado del niño. Se instruye a los padres y/o cuidadores para realizar los movimientos posibles en cada una de las articulaciones (hombro, codo, muñeca y dedos) de forma delicada, no menos de tres veces al día.

Desde la cuarta semana y hasta el tercer mes, el tratamiento de rehabilitación se centra en:

- Observar evolución de la recuperación.
- Indicación de la electromiografía.
- Valorar la escápula, para evitar su fijación al húmero.
- Movilizaciones pasivas: movilizaciones suaves, con ligera tracción y dentro de la amplitud fisiológica de la articulación, evitando estiramiento excesivo de los tendones y músculos tratando las diferentes partes del cuerpo con los siguientes ejercicios motores:
  - a) Articulación glenohumeral fijando la escápula: flexión, extensión, abducción, aducción, rotación externa del hombro con el brazo pegado al cuerpo para alargar el músculo subescapular.
  - b) Codo: flexión, extensión y supinación.
  - c) Muñeca: Flexión extensión, inclinación cubital, inclinación radial.
  - d) Mano: movilizar las articulaciones.
- Entrenamiento motor: con el propósito de acelerar la actividad de los músculos que sólo estén afectados temporalmente.
- Estimulación sensitiva: La pérdida sensitiva suele ser menor que la afectación motriz, pero hay pérdida total de la sensibilidad cuando la parálisis es total. Se debe tener en cuenta la etapa de desarrollo motor del niño.
- Tratamiento postural: Alternar durante el día varias posiciones para complementar las movilizaciones pasivas. Evitar las posturas viciosas. Debe mantenerse el brazo en abducción, la rotación externa, el codo flexionado y la mano abierta.
- Férulas: De material termoplástico, para mantener la muñeca en ligera flexión dorsal y el pulgar ligeramente separado.

Desde el cuarto mes en adelante, el tratamiento rehabilitador se centra en:

- Valorar la actividad del bíceps: si puede llevarse la mano a la boca, quiere decir que hay buena recuperación. De lo contrario se debe valorar la posibilidad quirúrgica reparadora del plexo braquial.

- Movilizaciones pasivas teniendo en cuenta la etapa de desarrollo psicomotriz del paciente; evitar la aducción con rotación interna del hombro, la flexión de codo, pronación de antebrazo y flexión de la muñeca.
- Cambios posturales: En decúbito prono, estimular el apoyo en las manos para activar las cadenas musculares.
- Uso de férulas para evitar posturas viciosas.
- Entrenamiento motor dirigido según la etapa de desarrollo:
  - a) Actividades de manipulación o alcance.
  - b) Ejercicios activos.
  - c) Evitar alteraciones del esquema corporal. Aunque ya tengan movilidad y cierta función en el brazo afectado, tienden a olvidarlo provocando coordinación insuficiente de los patrones funcionales.
  - d) Trabajar en cambios de posiciones y equilibrio.

Cuando el niño sea mayor el tratamiento rehabilitador se centra en:

- Mejorar la conciencia sensitiva del brazo, estimulando la localización por el tacto.
- Ejecutar actividades de la vida diaria siguiendo el desarrollo del esquema motor.
- Realizar ejercicios motores que persiguen estabilizar movimientos a nivel funcional de la mano y rodilla, hombro, codo y antebrazo, muñeca y dedos.

A medida que crecen, sigue siendo importante la rehabilitación, pues corresponde lograr incorporar el miembro al esquema corporal mediante actividades de integración y a reeducar la posición del miembro superior y del tronco.



## Capítulo 2 Estado del arte

### 2.1. Revisión bibliográfica sobre la rehabilitación del paciente con daño cerebral adquirido

Los pacientes con daño cerebral adquirido no sólo requieren atención médica durante los meses recientes a que se produzca el daño cerebral, sino también durante los años siguientes, por lo que éstos pacientes después del alta hospitalaria deben continuar su tratamiento cognitivo en casa. He aquí un reto socioeconómico y sanitario, de cara a optimizar los recursos que requieren este perfil de pacientes.

La neurorrehabilitación es un proceso educativo y dinámico, basado en la adaptación del individuo y su entorno al deterioro neurológico, cuyo objetivo es disminuir el impacto de la enfermedad para conseguir una mejor calidad de vida, dentro de las limitaciones impuestas por el déficit neurológico. Esta disciplina se caracteriza por apoyarse además de en el enfoque farmacológico tradicional, en terapias no farmacológicas como podría ser el uso de las nuevas tecnologías.

En la actualidad, se están realizando numerosos avances en telemedicina, aplicando las nuevas tecnologías al cuidado de las personas. Hoy en día, gracias al desarrollo de la telemedicina es posible que los servicios de rehabilitación estén a disposición de pacientes geográficamente o financieramente limitados. Además, la telemedicina permite llenar la escasez de recursos humanos, reduce los desplazamientos de los pacientes y los costes de procesos de rehabilitación, del mismo modo poseen la ventaja añadida de poder realizarse en el horario que mejor se adapte según necesidades del paciente sin necesidad de tener que ajustarse a horarios. Como valor añadido, también se plantea la mejora en el seguimiento de los pacientes, así como el aumento de la continuidad de los tratamientos y una mejora a la hora de compartir información entre profesionales, cuidadores, pacientes y familiares.

Es por lo tanto un momento propicio para crear políticas de telesalud que favorezcan el valor de la práctica y juicio clínico (Cason, 2014). En estos momentos destacan actividades tales como la telesalud, el telecuidado, la teleeducación o la telecirugía.

El Informe Mundial sobre Discapacidades, coproducido por la Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial, afirmó la eficacia de la telesalud para la prestación de servicios de rehabilitación (telerehabilitación), indicando que “conduce a resultados clínicos similares o mejores que las intervenciones convencionales” (*World Federation of Occupational Therapists'*, 2014).

Los estudios detectados en la literatura indican que los servicios de telerehabilitación son una valiosa práctica como método de cuidado cuando los recursos son limitados, cuando hay grandes distancias y para los pacientes con movilidad reducida (Schwamm et al, 2009).

La telerehabilitación, como ya se ha demostrado en otras afecciones en pacientes crónicos de alto riesgo como EPOC o fallo cardiaco, tiene alto potencial para la rehabilitación del TCE y ACV (Lai et al, 2004)( Audebert y Schwamm 2009), (Taylor et al, 2009) y (Turkstra et al, 2012).

La telerehabilitación cognitiva es el concepto de entrenamiento o de intervención terapéutica del área cognitiva a distancia a través de la tecnología. Con el aumento de dispositivos móviles, sensores portátiles y nuevas interfaces hombre-computadora, están surgiendo nuevas posibilidades para expandir el paradigma de la telerehabilitación cognitiva (How et al, 2015).

Dado que un alto porcentaje de los pacientes que sobreviven al daño cerebral sufren secuelas cognitivas, es preciso mejorar en este sentido. En suma hay que destacar que los impedimentos cognitivos pueden afectar en gran medida a la existencia del individuo, reduciendo apreciablemente sus habilidades y autonomía, así como disminuyendo su calidad de vida. La rehabilitación cognitiva puede usarse para restaurar la función cerebral perdida o para disminuir las enfermedades degenerativas (Van de Ven et al, 2015).

La falta de tratamientos médicos capaces de detener o ralentizar el curso de la enfermedad, ha desplazado el interés hacia el enfoque no farmacológico y las terapias psicosociales para las personas con o en riesgo de demencia, como en la condición de deterioro cognitivo leve, para asegurar la continuidad de la atención desde la clínica hasta el domicilio del paciente, posibilitando también la rentabilidad y el empoderamiento del paciente y cuidador en el proceso de cuidado, impactando positivamente en su calidad de vida (Realdon et al, 2016).

Actualmente, son distintas las organizaciones de profesionales de rehabilitación que han considerado la importancia de la telerehabilitación, como es el caso de la *American Occupational Therapy Association*, la *American Speech-Language hearing Association* y la *American Physical Therapy Association*.

Existen experiencias de la aplicación de telerehabilitación cognitiva y los resultados son muy favorables. En concreto, de cara a mejorar el enfoque actual de rehabilitación cognitiva, consistente en el empleo de lápiz y papel, se llevó a cabo un trabajo cuyo objetivo era lograr una herramienta que superase las dificultades que este



supone. Se logró implementar ejercicios que fueron probados por voluntarios sanos y pacientes, obteniendo valoraciones positivas y propuestas de mejora. Esta herramienta, denominada CoRe, apoya al terapeuta durante las sesiones, generando ejercicios dinámicos que reducen la repetitividad y facilitan la evaluación (Realdon et al, 2016). Además, debe resaltarse que se obtuvieron directrices de cara a reducir el rechazo de los pacientes a la rehabilitación computerizada, que en el caso de pacientes de edad más avanzada y menos familiarizados con las TICs, puede suponer una barrera que limite el desarrollo de los tratamientos de telerehabilitación.

En ese sentido, un estudio de telerehabilitación cognitiva para ictus realizado en la vivienda de una comunidad de veteranos (Chumber, 2010), reflejó que la rehabilitación mediante tecnologías de la información y comunicación se ve condicionada por una serie de barreras tales como la rápida evolución de las telecomunicaciones y la atención sanitaria, la fiabilidad y operatividad de los equipos de telesalud, los retrasos causados por la coordinación de los departamentos y la protección de la seguridad de la información, en los procedimientos y en la transferencia de los datos.

No pueden pasarse por alto estas limitaciones, que condicionan la eficacia de la telepraxis. Actualmente, es necesaria una investigación futura que se base en el conocimiento actual a través de la replicación, así como una evaluación adicional de la limitación de la actividad y la restricción de la participación (Coleman et al, 2015).

De cara a solventar esta problemática, se ha descubierto que los métodos de diseño en donde se involucra a los usuarios proporciona mejores resultados (How et al, 2015). Este método de co-diseño entre los profesionales de las tecnologías y los clínicos, permite que gracias a una mayor implicación de éstos en el proceso de creación, la telerehabilitación no sólo logre mejorar la duración o intensidad de las sesiones, sino que también se adapte a la trayectoria de recuperación del paciente, teniendo presente su significatividad y sus particularidades.

En el caso de Gesture Therapy, (Haley, 2011) una herramienta de rehabilitación virtual para la estimulación cognitiva y la activación física de ancianos, cuyos estudios se centraron en los aspectos de usabilidad (utilidad percibida, facilidad de uso, intención de uso y la experiencia del usuario), las conclusiones del estudio evidencian que la experiencia tecnológica tuvo un efecto significativo sobre la ansiedad percibida de los ancianos y un efecto significativo en el disfrute percibido de los mismos. Por ello, se podría asumir que este tipo de experiencias puede garantizar una mayor adherencia al tratamiento, a pesar de la naturaleza rápida y cambiante de las nuevas tecnologías.

García-Molina et al (García-Molina et al, 2010) realizaron una validación clínica de la terapia de rehabilitación cognitiva mediante una plataforma de telemedicina denominada PREVIRNEC. En dicho estudio se trabajó con las funciones de atención,

memoria y ejecutivas en 80 pacientes con TCE. 40 pacientes recibieron tratamiento extra-hospitalario y otros 40 intra-hospitalario. Tras la fase de piloto, el programa de rehabilitación cognitiva basado en sistemas de telemedicina mejoró las funciones cognitivas tratadas (atención, memoria y funciones ejecutivas) y el nivel de competencia cotidiana de los pacientes. En este sentido, se concluyó que el grupo extra-hospitalaria había mejorado sus capacidades funcionales y sus responsabilidades diarias respecto al grupo intra-hospitalario.

Forducey et al. (Forducey et al, 2012) pusieron de relieve los resultados de dos estudios piloto sobre el uso de las tecnologías de las telecomunicaciones en la promoción de la gestión de autocuidado y la mejora de los resultados de salud en personas con lesiones cerebrales y sus cuidadores familiares. 15 pacientes fueron reclutados a lo largo de un período de 18 meses en el primer piloto y 32 pacientes durante 12 meses en el segundo piloto. Los resultados obtenidos fueron importantes mejoras en el nivel de dependencia de los pacientes, así como el establecimiento de una alternativa rentable a los servicios estándar de cuidado en el hogar.

R. Rietdijk et al (Rietdijk et al, 2012) realizaron una revisión sistemática sobre la eficacia de la utilización de programas de telemedicina para proporcionar entrenamiento cognitivo a los pacientes con TCE. En este trabajo, se incluyen 14 estudios con pacientes con TAC, 9 estudios centrados en niños y 4 estudios incluyen seguimiento a largo plazo de los pacientes. La variedad de programas de intervención en los estudios revisados en este trabajo demuestra el potencial para el uso de la mHealth y su eficacia.

También citar el tándem de proyectos europeos H-CAD (*Home Care Activity Desk*)<sup>1</sup> y HELLO-DOC<sup>2</sup> (*Healthcare Service Linking Telerehabilitation to Disabled People and Clinicians*). H-CAD tenía como finalidad el diseño y desarrollo de un sistema capaz de permitir a pacientes con esclerosis múltiple, TCE o ACV realizar el tratamiento de rehabilitación en su domicilio, teniendo como objetivos reducir el coste social de la rehabilitación y la monitorización del paciente. Para ello, se diseñó un estudio randomizado con grupo control que incluyó a pacientes con una paresia de las extremidades superiores. Por su parte, HELLO-DOC realizaba un estudio para demostrar la efectividad clínica de H-CAD, obteniendo unas conclusiones muy interesantes. La aceptación del sistema por los pacientes fue muy alta y la efectividad del tratamiento fue similar al tratamiento convencional, permitiendo un seguimiento del paciente desde el hospital de forma periódica y evitando desplazamientos. Por otro lado, se dependía mucho de las infraestructuras en el domicilio del paciente.

El estudio realizado por Breeden (Breeden, 2016), centrado en garantizar la seguridad en el hogar para adultos mayores, demuestra los beneficios que proporciona la fotografía cuando se incluyen en el proceso educativo a través de la telesalud.

---

<sup>1</sup> H-CAD: [http://www.signomotus.it/h\\_cad\\_site/h\\_cad\\_accessible/why\\_h-cad.htm](http://www.signomotus.it/h_cad_site/h_cad_accessible/why_h-cad.htm)

<sup>2</sup> [http://www.enevaproject.eu/component/option,com\\_comprofiler/task,userProfile/user,211/lang,en/](http://www.enevaproject.eu/component/option,com_comprofiler/task,userProfile/user,211/lang,en/)

Agostini et al (Agostini et al, 2014) también demuestra los beneficios de la telerehabilitación en el tratamiento del ictus. Los resultados muestran la viabilidad de teletratamiento aplicado a déficit lexical en pacientes con ACV crónico, extendiendo el trabajo previo sobre telerehabilitación y abriendo nuevas vías de desarrollo de tratamiento de tratamiento del lenguaje.

Asimismo cabe mencionar la telerehabilitación proporcionada por el programa *Guttmann Neuropersonal Programme Trainer* (GNPT) que proporciona nuevas estrategias para la rehabilitación cognitiva y cuenta con ejercicios cognitivos computarizados personalizados, basados en los principios de la neurociencia y la plasticidad. Este sistema presenta un puntaje de usabilidad superior a 70 para todos los usuarios objetivo y una relación costo-eficiencia de 1 respecto a 20 en comparación con la rehabilitación tradicional (Solana et al, 2015).

Zucchella et al (Zucchella et al, 2016) llevan a cabo otro estudio en donde se contempla la telemedicina para pacientes con trastornos de la conciencia cuya gestión se delega casi exclusivamente a la familia. Se diseñó un proyecto piloto para probar la viabilidad de la asistencia domiciliaria basada en un sistema de telemonitorización. Las puntuaciones de los pacientes en las escalas clínicas no mostraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, los datos preliminares sugieren que el uso de los servicios de telemonitorización en el manejo de estos pacientes es factible y bien aceptado por los cuidadores, con un posible efecto positivo en su estado de ánimo y calidad de vida.

Otro parámetro importante a considerar de cara a la telerehabilitación cognitiva, es el grado de satisfacción con la misma. En el estudio llevado a cabo por Bergquist (Bergquist, 2014) se examinó el nivel de satisfacción con la rehabilitación cognitiva a través de Internet en personas con daño cerebral adquirido de moderado a grave. 15 adultos se seleccionaron al azar para ser incluidos en la realización de un tratamiento activo basado en Internet. Los cuidadores y los participantes fueron evaluados en tres momentos durante el estudio. La gran mayoría de los participantes (> 87%) estaban satisfechos con el tratamiento.

Son diversos los estudios que reflejan el alto nivel de satisfacción con los servicios de telerehabilitación, aunque no es suficiente para lograr resultados óptimos. Sin embargo, la satisfacción del paciente es totalmente necesaria para lograr una adherencia e implicación en el tratamiento, imprescindible para lograr efectividad (Bergquist, 2014).

Po otro lado, existen en el mercado numerosas aplicaciones móviles para el entrenamiento cognitivo y la comunicación (Santos et al, 2015), pero en general, el nivel de accesibilidad de las aplicaciones, tanto para entornos Android como iOS, son

todavía muy deficiente, por lo que los usuarios encuentran barreras que limitan o impiden su uso.

También se detectan en la literatura aplicaciones informáticas web que proporcionaran contenido de entrenamiento cognitivo, pero con la limitación de que la mayoría de los programas no están informatizados o que existen algunas experiencias en algunos proyectos que están implementando algunos ejercicios pero son insuficientes, porque no disponen de una batería elevada que cubra las diferentes áreas de la rehabilitación cognitiva. En esta línea, está el proyecto Qglador<sup>3</sup> financiado por la convocatoria PITER del III Plan Nacional de I+D+i para el entrenamiento de enfermedades neurodegenerativas. También se detectan programas de entrenamiento cognitivo gratuitos con posibilidad de edición como Hot-potatos<sup>4</sup> y j-clip<sup>5</sup>. El problema es que además de no disponer de la batería de ejercicios pertinente, están desarrollados con un interfaz no amigable, es decir, con un lenguaje técnico de programación que dificulta su uso.

Conviene mencionar también las aplicaciones web Smartbrain<sup>6</sup>, BrainTraining<sup>7</sup> y otras plataformas<sup>8,9,10</sup> tecnológicas en la nube, diseñadas para realizar ejercicios de estimulación cognitiva de las principales capacidades de las personas adultas memoria, lenguaje, cálculo, atención, orientación, reconocimiento y capacidades ejecutivas. Estas aplicaciones podrían realizar el entrenamiento cognitivo. Sin embargo, al ser programas con titularidad privada presenta un coste de licencias por uso (por usuario y por tiempo), que hay que tener en cuenta. Además, el contenido de los programas es limitado y no están demasiado especializados a las necesidades particulares de los propios pacientes. De ahí, surge la necesidad de diseñar un sistema personalizado de entrenamiento cognitivo de pacientes con daño cerebral que haga uso de tecnologías móviles y que a la vez que sea sostenible para una vez demostrada su eficiencia, se pueda desplegar en un sistema sanitario de salud.

## 2.2. Revisión bibliográfica sobre la rehabilitación del paciente con PCI y PBO

---

<sup>3</sup> Glador: <http://www.intras.es/index.php/productos/software-gradior>

<sup>4</sup> Hot potatoes: <https://hotpot.uvic.ca/>

<sup>5</sup> Jclit: [http://clit.xtec.cat/db/listact\\_es.jsp](http://clit.xtec.cat/db/listact_es.jsp)

<sup>6</sup> Smartbrain: <https://www.smartbrain.net/smartbrainpro/>

<sup>7</sup> Brain Training: <https://www.nintendo.es/Juegos/Nintendo-DS/Brain-Training-del-Dr-Kawashima-Cuantos-anos-tiene-tu-cerebro--270627.html>

<sup>8</sup> NeuronUP: <https://www.neuronup.com/neuronup/principal.html>

<sup>9</sup> Cognifit: <http://www.cognifit.com/>

<sup>10</sup> BrainHQ: <https://brainhq.positscience.com/pscweb-free/start>

Con el objetivo de ayudar a pacientes cuyo sistema neuromuscular presenta algún tipo de déficit, los tratamientos neurorehabilitadores explotan la plasticidad (neuroplasticidad inducida (Dobkin, 2004)) mediante la repetición de ciertos ejercicios con el objetivo de forzar el establecimiento de un nuevo patrón de conexiones y, de esta forma, recuperar su funcionalidad (Leocani y Comi, 2006). Esta capacidad de recuperación es especialmente importante en los niños por lo que, si se produce un diagnóstico precoz del problema, y siempre dependiendo de la valoración de cada paciente, este tipo de tratamientos puede estimular su desarrollo intelectual y comportamiento social, consiguiendo, como objetivo final, que el paciente pueda llevar en el futuro una vida plena y satisfactoria. Con este fin, la terapia de neurorehabilitación exigirá una atención constante del paciente y la adherencia personal de éste a un tratamiento intenso que se prolongará, además, en el tiempo. Para ser efectiva, el paciente aquejado de uno de estos problemas debería empezar su terapia, como ya se ha comentado, lo más pronto posible, pero además debería seguir un tratamiento personalizado que esté adaptado a su dolencia y evolución. Ambas cuestiones no son siempre fáciles de satisfacer, dada la limitada disponibilidad de profesionales y la falta de tiempo para monitorizar la evolución de cada caso.

Para contribuir a la mejora en la aplicación de este tipo de tratamientos, la robótica de rehabilitación persigue la introducción de tecnología en este proceso terapéutico (Huang y Krakauer, 2009). Como en otros campos de aplicación, la robótica ofrece interesantes ventajas, como pueden ser la posibilidad de realizar tratamientos personalizados reduciendo la sensación de cansancio asociada a ejercicios repetitivos y monótonos (Gilliaux et al, 2014), o su capacidad para integrar sensores que proporcionen una estimación cuantitativa de la recuperación. Hoy en día, esta rehabilitación suele implicar una aplicación física de fuerzas, como se propone en los proyectos REHAROB<sup>11</sup>, AUPA<sup>12</sup> o GENTLE/S<sup>13</sup>. Estas fuerzas son aplicadas bien por el paciente a un manipulador robótico, que así monitoriza su estado, bien por un efector robótico al paciente o bien en ambas direcciones (Brewer et al, 2003). Este contacto entre persona y robot implica el cumplimiento de una serie de restricciones en seguridad, que hacen que esta área de investigación siga siendo muy activa y que no exista aún una solución que se pueda considerar como definitiva. Además, el cumplimiento de estos requisitos supone un aumento en el coste final de las soluciones, no siempre abordables para trasladar el tratamiento rehabilitador fuera del centro sanitario. Finalmente, este tipo de sistemas no siempre persiguen la participación activa del paciente y son difícilmente adaptables a una terapia ocupacional, tendencia actual en la que se orienta la rehabilitación a actividades funcionales (Arias, 2009).

---

<sup>11</sup> REHAROB: <http://reharob.manuf.bme.hu>

<sup>12</sup> AUPA: <http://nbio.umh.es/2010/10/29/proyecto-aupa-brazo-robot-para-rehabilitacion/>

<sup>13</sup> GENTLE: <http://www.gentle.reading.ac.uk/>

Aparte de ofrecer asistencia mecánica o física, los robots pueden ofrecer asistencia social e integradora, con el fin de mejorar la implicación y motivación del paciente. Dado que la repetición de los ejercicios por parte del paciente es la base de la recuperación (Okamura et al, 2010), esta segunda aportación de los robots como entrenadores personales (*socially assistive robots*, SAR) no debe ser despreciada y, de hecho, son numerosos los autores que la consideran como uno de los retos más ambiciosos de la actual robótica de rehabilitación (Mead et al, 2010; Wilk y Johnson, 2014). En este campo en concreto, la referencia internacional es el Departamento de Ciencias de la Computación y la División de Terapia Física, de la Universidad de California del Sur, con numerosos proyectos en esta área bajo la dirección de la Prof. Maja Mataric<sup>14</sup>.

La experimentación clínica demuestra que la motivación del paciente constituye un factor fundamental para encarar satisfactoriamente una terapia de neuro-rehabilitación (Colombo et al, 2007), que se suele identificar con la capacidad para enganchar al paciente con el tratamiento neurorehabilitador. La necesidad por mantener este nivel de motivación en el paciente, esa implicación o adherencia al tratamiento, hace que sean diversas las herramientas que conviven para facilitar la rehabilitación, como puede verse en varios de los proyectos que en la actualidad se están realizando en el MIT<sup>15</sup> para niños con parálisis cerebral, o en sistemas comerciales, como el *ArmeoSpring Pediatric* de Hocoma<sup>16</sup>, una herramienta robótica para rehabilitación en la que la motivación se consigue a través de videojuegos.

Existen distintas opciones para crear actividades amenas que proporcionen al niño los esquemas funcionales que le ayudarán, posteriormente, a adquirir la capacidad motora para llevar a cabo tareas de la vida diaria (videojuegos, realidad virtual, etc.). Sin embargo, existen trabajos que demuestran las ventajas que la interacción física con un robot presenta como forma de enriquecer las habilidades de interacción del niño e incrementar sus respuestas emocionales positivas (Libin y Libin, 2004; Robins et al, 2010).

En la actualidad se han realizado evaluaciones sobre la incorporación de robots en las terapias con niños, donde no solo se realizan ejercicios físicos, sino también cognitivos. Dentro del proyecto europeo IROMEC, se han evaluado distintos escenarios de juego con niños con autismo, retraso mental no severo y discapacidad motora severa (Robins et al, 2010). En particular con niños con autismo se utilizó el robot animado KASPAR<sup>17</sup> (un robot con forma de muñeco y capacidad de realizar expresiones faciales) controlado remotamente y un LEGOROBOT<sup>18</sup>, no animado.

---

<sup>14</sup> <http://robotics.usc.edu/interaction>

<sup>15</sup> ArmeoSpring Pediatric: <http://web.mit.edu/newsoffice/2009/robototherapy-0519.html>

<sup>16</sup> Hocoma: <http://www.hocoma.com>

<sup>17</sup> KASPAR <http://www.herts.ac.uk/kaspar>

<sup>18</sup> LEGOROBOT <https://www.lego.com/en-us/mindstorms>

Como parte del proyecto AURORA, se ha evaluado también las capacidades de integración social que un robot como KASPAR puede tener en niños con autismo a través de la interacción con el tacto. Pese a que en la actualidad se están dando los primeros pasos en la evaluación de la integración de robots en terapias con niños, los primeros casos de estudio muestran las ventajas del uso de robots. Dado que son un sistema programable, permiten generar distintos estímulos para promover la interacción con el niño de distintas formas. Además, se les pueden incorporar habilidades para modificar sus respuestas en función de cómo reacciona el niño, y mediante la repetición de esta respuesta modificada, pueden crear un ciclo de acciones y refuerzo predecible y ordenado (Robins et al, 2010).

Por otro lado, en el ámbito de la enseñanza, sí se ha analizado el grado de aceptación que tendría un robot que actuara como tutor entre estudiantes de una clase (Shin y Kim, 2007). En estos estudios se concluye que la aceptación es mayor entre niños más pequeños, que llegaban a preferir a estos robots tutores. Shim y Kim también destacaron el importante papel que los aspectos emocionales tienen en dicha aceptación. Similares conclusiones se obtuvieron en estudios realizados en 2010 sobre aprendizaje del lenguaje en niños usando robots, como el Nabaztag (Eimler et al, 2010) o el iCat (Saerbeck et al, 2010). Los niños consideraron que la experiencia era un juego, en lugar de un ejercicio de clase.

En el escenario concreto de las terapias de rehabilitación, la incorporación del robot puede emplearse como un mecanismo para aumentar la motivación y adherencia al tratamiento del paciente. Básicamente, estos estudios previos coinciden en que los robots pueden generar distintos estímulos para promover la interacción con el paciente (Matarić et al, 2007), y que esta interacción puede servir para guiar la terapia de rehabilitación, haciéndola más amena. Además, la arquitectura interna del robot puede incorporar habilidades para modificar las respuestas del robot en función de cómo reacciona el paciente, y mediante la repetición de esta respuesta modificada, pueden crear un ciclo de acciones y refuerzo predecible y ordenado (Robins et al, 2010).

Los asistentes robóticos socialmente interactivos combinan en su diseño características propias de la robótica autónoma móvil, la robótica emocional o la interacción hombre-robot. De esta forma, son capaces de desplegar un determinado plan de acción, en el que el robot es un ente activo y con personalidad propia, pero potencian también en su diseño los aspectos emocionales, fundamentales para conseguir su aceptación por parte del paciente (la importancia de este factor se aprecia, claramente, en los robots KASPAR o PROBO<sup>19</sup>, diseñados para trabajar con niños con autismo).

---

<sup>19</sup> PROBO: <http://probo.vub.ac.be/>

Dada la natural tendencia de las personas para relacionarse con toda forma animada a través de patrones sociales, la efectividad de esta interacción hombre-robot social dependerá en gran medida del grado de aceptabilidad con el que el paciente adopte al robot como ente animado activo, la cual emanará, en gran medida, de la apariencia física del robot pero también del comportamiento de éste. Esta tendencia, que se manifiesta en nuestra capacidad para dotar de personalidad o intención incluso a los robots más simples, se utilizarían en la robótica de rehabilitación para crear robots socialmente interactivos, capaces de monitorizar, motivar y alentar las actividades propias de la terapia, mejorando la calidad final de la misma. Esta es la motivación que subyace en proyectos como FLORENCE<sup>20</sup> o KSERA<sup>21</sup>, subvencionados por el 7 Programa Marco de la Unión Europea.

Los ya citados PROBO y KASPAR son ejemplos de robots que han sido usados ya con niños autistas, y que han permitido comprobar que en ocasiones la existencia de un repertorio reducido de expresiones y emociones, como con las que suele contar un robot, puede convertirse en un aspecto positivo de cara a la terapia con niños, siendo su empatía mayor que con el contacto directo con personas (Libin y Libin, 2004).

En la última década ha habido un mayor incremento de los robots llamados de estimulación interactiva y que, en contraste con los robots asistenciales (actividades industriales, militares, médicas, de investigación y de servicio), están diseñados con propósitos asociados con una actividad de interacción social, educacional, de rehabilitación, terapéutica y de entrenamiento. A diferencia de los robots de servicio, en los robots de interacción su apariencia y formas de interacción están fuertemente ligadas con la actividad a desarrollar. Además, se espera que, como parte de su comportamiento, sean capaces de imitar expresiones faciales humanas y gestos complejos con cierto significado social, e incluso simular ciertos estados emocionales básicos y comportamientos realistas.

En la actualidad existen diversos ejemplos de robots sociales que están siendo usados para tratamientos psicológicos (PARO<sup>22</sup>, BANDIT<sup>23</sup>, KASPAR, PROBO, NeCoRo<sup>24</sup>, iCat<sup>25</sup>) incluidos en el tratamiento de autismo, la demencia senil o el alzhéimer. La robótica de estimulación interactiva tiene un fuerte potencial en este sentido frente a otras tecnologías, sobre todo en relación a los niños, porque permite la presencia real del compañero, que es de especial importancia con el tratamiento con niños, y puede hacer más directa la involucración del mismo, no solo en el juego, sino también en la actividad. De hecho varios de los citados robots han sido comercializados

---

<sup>20</sup> FLORENCE: <http://www.hitech-projects.com/euprojects/florence/>

<sup>21</sup> KSERA: <https://www.tue.nl/en/research/research-institutes/robotics-research/projects/ksera/>

<sup>22</sup> PARO: <http://www.parorobots.com/>

<sup>23</sup> BANDIT: <http://rasc.usc.edu/bandit.html>

<sup>24</sup> NeCoRo: <http://www.megadroid.com/Robots/necoro.htm>

<sup>25</sup> iCat: <http://www.roboticstoday.com/robots/icat-description>



por empresas como Philips y NEC (iCat, PAPER<sup>26</sup>). Sin embargo, en la actualidad no existe un robot autónomo comercial y de bajo coste, que incorpore los beneficios de una interacción persona robot en cuanto al grado de aceptación necesario como parte de la terapia, el incremento de la motivación del niño, y la posibilidad de entrenar habilidades para la rehabilitación a nivel motor y cognitivo.

En el 2009, y como punto de partida de uno de los sistemas a diseñar y validar en la presente Tesis, en el Hospital Universitario Virgen del Rocío, en concreto en la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación en colaboración con el Grupo de Innovación Tecnológica del Hospital y con la Universidad de Extremadura, se inició el proyecto ACROSS<sup>27</sup> (*Autoconfigurable Robots for Social Services*), financiado por el Plan Avanza del Ministerio de Industria y Comercio. El proyecto tenía como objetivo el diseño y desarrollo de un prototipo robótico no autónomo como asistente para la rehabilitación de pacientes infantiles con PBO y PCI. En Diciembre del 2011 se realizó un pre-piloto en la que participaron 6 niños que cumplían los criterios de inclusión. En la sesión, el prototipo robótico realizó saludos de bienvenida para empatizar con el paciente, explicación de los ejercicios, realización del ejercicio, registro de los ejercicios, puntuaciones y despedida. Los familiares, profesionales clínicos y pacientes declararon su satisfacción por la experiencia y valoraron muy positivamente al robot. En todos los casos, el tratamiento rehabilitador con el robot proporcionó una mayor motivación al paciente en comparación con el tratamiento convencional, consiguiendo que los pacientes superaran los hitos marcados por los terapeutas y aumentando el número de repeticiones. Este hecho permitió plantear la hipótesis de que, en manos del terapeuta, el robot podía convertirse en un nuevo y eficiente mecanismo para aumentar la adherencia de los pacientes al tratamiento de rehabilitación. Sin embargo, esta experiencia también planteaba nuevos retos que, con el prototipo que se disponía, no podían ser abordados. Es por ello que, en 2013, arranca un nuevo proyecto, en este caso en el marco del Plan Nacional de I+D. En el proyecto se incorporan al equipo de investigación, investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad de Málaga. El proyecto TIN2012-3807910 denominado THERAPIST<sup>28</sup> plantea como objetivo aumentar el grado de autonomía del robot, no para eliminar la supervisión del terapeuta, pero sí para reducir el estrés y grado de atención de éste. Así como las capacidades de interacción del robot, teniendo en cuenta este reto, se plantea una parte de la presente Tesis.

---

<sup>26</sup> PaPeRo: <http://www.robotcenter.co.uk/products/papero-robot-nec>

<sup>27</sup> Proyecto ACROSS: [https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto\\_ACROSS](https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_ACROSS)

<sup>28</sup> Proyecto Therapist: <http://www.therapist.uma.es>

## Capítulo 3 Metodología

En el presente Capítulo se describe por un lado la metodología a seguir para la identificación de las necesidades de usuarios, es decir los requisitos funcionales y no funcionales que deben de cumplir los dos sistemas de rehabilitación a desarrollar, como paso previo al diseño y desarrollo de los sistemas. Por otro lado, se plantea el diseño de ambos sistemas, el sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido y el sistema robótico para la rehabilitación motora de pacientes con PCI y PBO.

### 3.1. Análisis de requisitos

Para poder realizar los diseños de los dos sistemas, el primer paso fue identificar necesidades, demandas y expectativas de los diferentes usuarios potenciales para el establecimiento de los requerimientos necesarios para conseguir un diseño adaptado a las necesidades de cada uno de ellos. Para ello, por un lado se ha recopilado información de los usuarios denominados primarios, que son los propios afectados por la patología. Por otro lado, se ha recogido información de los usuarios denominados secundarios, como son los familiares cercanos a los pacientes y/o cuidadores, sujetos que conviven con ellos y se preocupan por su cuidado de manera informal. Esta parte del universo muestral, es especialmente importante puesto que conviven con los afectados y son los que mejor conocen sus preferencias y limitaciones. Por último, se ha contado con la participación de otro de los pilares fundamentales en la vida de los pacientes, como son los profesionales sociosanitarios que atienden a los pacientes.

La implicación del usuario es esencial, en donde no sólo se tiene la perspectiva de que es fuente de información, sino que se define como un experto más que participa en las sesiones creativas y aporta su background. De esta forma, en la metodología para la identificación de necesidades y como posterior actividad el diseño, trabajaron equipos multidisciplinares formados por los diferentes usuarios que harán uso directa o indirectamente de los sistemas.

La metodología utilizada para la identificación de las necesidades de usuarios se basó en la metodología Personas-Escenarios. Esta metodología permite un diseño centrado en el usuario. El estudio y modelado del usuario que va a interactuar con los sistemas a desarrollar, es fundamental para definir el sistema. Una forma de modelar el usuario es mediante arquetipos de personas. Los arquetipos deben de resumir las características de las personas que van a interactuar con el sistema. No son usuarios reales, pero si se construyen a partir de ellos y deben de representar a los usuarios

potenciales que tendrán los sistemas. Mediante el escenario se contextualiza la interacción de la persona con el sitio. Ronda (Ronda, 2013) menciona que se debe caracterizar a los usuarios y definir escenarios para realizar un diseño centrado en el usuario, coincidiendo con Hassan y Martin (Hassan y Martín, 2004).

En la metodología de personas y escenarios se realizan cuatro tipos de procesos, análisis concreto, análisis abstracto, síntesis abstracta y concreta. En el análisis concreto, la información de los usuarios se obtiene a través de estudios directos a los usuarios por medio de entrevistas, estudios de campo, encuestas, o a través de documentos científicos que hablen a cerca de los usuarios y sus posibles deficiencias. En el análisis abstracto, se produce una abstracción de los datos concretos, es decir a partir de la investigación realizada con los usuarios en el análisis concreto, se categoriza, filtran la información y se definen unos arquetipos de usuario que se denominan personas. Según Moreno et al (Moreno et al, 2006), las personas representarán patrones de conducta, objetivos y necesidades de grupos de personas. A continuación, con la síntesis abstracta se contextualiza qué tipo de relación las personas definidas en etapa anterior tendrán con el sitio, para lo cual se presentan los “escenarios”. Los escenarios se extraen a partir de las cualidades obtenidas en las “personas”. Al plantear un “escenario” para una “persona” se puede abarcar a todos los tipos de usuarios que se vean representados o similares a ese escenario. El hecho de ubicar a la “persona” dentro de un contexto de uso de sitio, se están construyendo prototipos abstractos de un uso posible, por lo que este proceso de construcción de un escenario queda dentro del área de síntesis abstracta. Finalmente, con la síntesis concreta, las personas y escenarios se concretizan en el uso que se les da, para favorecer al diseño del sitio considerando a los usuarios, de una manera ficticia, pero abstraída a partir de datos y usuarios reales.

En este sentido, el primer paso del método fue construir una serie de arquetipos de usuarios (o “personas”) representativos de cada una de las tipologías de usuarios de los sistemas a desarrollar. Con dichos arquetipos, se describieron sus atributos, sus actividades, sus objetivos y deseos, de forma que fueran una imagen ficticia pero personalizada de los potenciales usuarios de los sistemas.

A continuación, cada arquetipo definido se asoció a un “escenario” narrativo, que ubicó en una situación del usuario. De forma, que se construyeron situaciones narrativas, donde se esbozaron necesidades.

El siguiente paso, fue analizar las implicaciones que podía tener el diseño de un mismo sistema para perfiles tan diversos. Los sistemas a desarrollar deben de asegurar que los diferentes perfiles de usuarios se interrelacionan con fluidez. Por ello, se analizaron las necesidades de ambos sistemas, no desde el punto de vista individual, sino desde el punto de vista relacional, planteando el concepto de “necesidad relacional”. Así pues, se reflexionó acerca de aquellas necesidades que surgían de la

relación del usuario con el resto de actores del sistema (por ejemplo, qué necesita el paciente del rehabilitador, del familiar, del terapeuta, etc. y así con todos los arquetipos). Todos los miembros de los grupos puntuaron las necesidades relacionales, las cuales se registraron según especialidades profesionales.

A continuación, se profundizó en las soluciones propuestas dándoles una forma tangible y se procedió al diseño de los sistemas haciendo uso de metodología por modelado del proceso. Finalmente tras modelar el proceso, se validaron en consenso los diseños de los sistemas y se incorporaron mejoras identificadas durante las mismas.

Los talleres para la identificación de necesidades de usuario de cada sistema fueron distintos, porque las necesidades y usuarios objetivos eran diferentes. La Fig. 2 muestra imágenes de los talleres realizados. A continuación, se describen los arquetipos, escenarios, necesidades relacionales, requisitos definidos y los diseños resultantes tras este proceso para cada uno de los dos sistemas diseñados.



**Fig.2:** Talleres de definición de arquetipos, escenarios, necesidades relaciones, requisitos y diseño de los sistemas.

### 3.2. Sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido

En los talleres para la identificación de necesidades de usuario del sistema de telerehabilitación cognitiva para pacientes con daño cerebral adquirido participaron profesionales sanitarios de la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación e ingenieros del Grupo de Innovación Tecnológica del Hospital Universitario Virgen del Rocío, profesionales sanitarios de la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación del Hospital Juan Ramón Jiménez de Huelva e ingenieros informáticos procedentes de empresa responsable del desarrollo del sistema. En concreto asistieron los siguientes participantes:

- Hospital Universitario Virgen del Rocío:
  - Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación.
    - 3 médicos rehabilitadores (Directora de la Unidad).
    - 4 fisioterapias.
    - 2 terapeutas ocupacional.
    - 1 logopeda.
    - 2 pacientes.
    - 2 cuidadores/familiares de pacientes.
  - Grupo de Innovación Tecnológica
    - 2 ingenieros superiores.
- Hospital Juan Ramón Jiménez:
  - Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación:
    - 2 médicos rehabilitadores (Directora de la Unidad).
- Empresa externa desarrolladora del sistema:
  - 2 Ingenieros informáticos.

Los perfiles de usuario que se definieron en el taller para la aplicación de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido, fueron los que iban a hacer uso del sistema a desarrollar y se describen a continuación:

- Perfil Paciente cuyos criterios definidos en consenso fueron :
  - Paciente de daño cerebral adquirido con edad comprendida entre los 18 y 65 años.
  - Diagnostica de daño cerebral adquirido en los 3-4 meses antes de la inclusión en el estudio.
  - Clínicamente estable.
  - Un nivel  $\geq 5$  de la escala de nivel de función cognitiva Rancho de los Amigos.

- Perfil Familiar/Cuidador: con la restricción de que tuviera conocimiento o facilidad para aprendizaje en el manejo de las nuevas tecnologías, para poderle dar soporte al paciente en el uso del sistema.
- Perfil Rehabilitador: La premisa principal es que disponía de escaso tiempo para dar a tención a los pacientes.
- Perfil Terapeuta Ocupacional: El tiempo también es un gran recurso de valor de este perfil, tiene que atender a muchos pacientes y tiene que optimizar su tiempo.

### 3.2.1. Personas-Escenarios

A continuación, se describe en este apartado los arquetipos de personas formados por paciente, familiar/cuidador, rehabilitador y terapeuta ocupacional y los ejemplos de escenarios para cada uno de los arquetipos definidos durante los talleres. Asimismo, a partir de dicho trabajo, se definen también las necesidades relacionales entre los diferentes arquetipos o perfiles de usuario, como paso previo al diseño del sistema.

#### **Perfil paciente**

Conocer cuál es el perfil de pacientes más característico es de vital importancia para adaptar los productos y servicios dirigidos a este colectivo, para obtener beneficios latentes sobre su asistencia y rehabilitación. Los pacientes con daño cerebral adquirido suelen ser pacientes mayores alcanzando la tercera edad, salvo que el daño cerebral sea provocado por un TCE, en dicho caso podría tratarse de pacientes con menor edad. En el caso de pacientes mujeres, sus ocupaciones principales son y han sido la de ama de casa y ocupación en las tareas del hogar. Suelen ser personas que ocupaban la mayor parte de su tiempo a atender al resto de familiares y siguen haciéndolo en la medida de lo posible. En el caso de pacientes hombres, éstos pacientes han solido trabajar gran parte de su vida y han sido los responsable del mantenimiento económico de su familia. El perfil más característico tanto de pacientes hombre como mujer, es que suelen vivir con su cónyuge.

El nivel educativo y económico del paciente hombre y mujer suele ser medio, por lo que no se deberían ver limitados a realizar determinadas actividades que requieran habilidades básicas como leer y escribir. Entre las características de este perfil, suele ser común que sean repetitivos, despistados/as y con cambios de humor asociados al daño cerebral adquirido. Suelen presentar otras patologías asociadas al envejecimiento no patológico como son la hipertensión, diabetes, sobrepeso, etc., factores que pueden tener efectos negativos sobre el daño cerebral adquirido.

No suelen ser personas con muchas aficiones, sobre todo con el avance de la enfermedad. Entre las actividades más comunes se destacan actividad física moderada como pasear; juegos de mesa con personas de su misma edad, actividades del centro social y manualidades. La Tabla 1 muestra el arquetipo del paciente definido:

**Tabla 1** Arquetipo de paciente.

<b>Perfil paciente</b>	
<i>Características socio-demográficas:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mujer /Hombre.</li> <li>- Español.</li> <li>- Casado.</li> <li>- 70 años.</li> <li>- Tiene 3 hijos (no conviven con ella/el).</li> <li>- Nivel socio-económico medio.</li> <li>- Nivel educativo medio.</li> <li>- Ama de casa/Trabajador.</li> </ul>
Características de personalidad:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activo.</li> <li>- Introverso/Extroverso.</li> <li>- Alegre.</li> <li>- Controladora/no controlador.</li> <li>- Algo repetitiva/o y despistada/o.</li> <li>- Actualmente algo deprimida/o por pérdida de autonomía y el control sobre sus actos.</li> </ul>
<i>Estado de salud:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrepeso.</li> <li>- Insomnio.</li> <li>- Traumatismo.</li> </ul>
<i>Aficiones:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer ganchillo/Ir al centro social a jugar.</li> </ul>
Situación familiar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene 3 hijos: dos hijos y una hija.</li> <li>- Tiene nietos.</li> <li>- Sólo mantiene contacto diario con su hija. Cuidan a sus nietos.</li> <li>- Ha sido y sigue siendo el pilar de la familia/Su mujer es el pilar de la familia.</li> <li>- Le gusta organizar y controlarlo todo en casa/Le gusta relajarse en casa y ver la tele.</li> </ul>
<i>Otros aspectos a tener en cuenta:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quiere llevar el control sobre su casa.</li> <li>- No le gusta que le lleven la contraria.</li> </ul>

Como escenario se plantea que el arquetipo paciente quiere hacer su rehabilitación cognitiva sin tener que ir al hospital porque le genera estrés, pero le gustaría disponer de algún medio para comunicarse fácilmente con su terapeuta si tiene duda. Tampoco quiere hacer la rehabilitación sólo y le gustaría que de algún modo esté supervisado. Quiere que el entrenamiento sea personalizado y es adulto por lo que no quiere contenidos infantiles. Le gustan los móviles y las Tablet. Quiere que el médico le haga seguimiento y poder comunicarse con él cuando le haga falta, viéndolo. También quiere tener una agenda que le recuerde cuando tiene que tener una consulta con el médico.

### Perfil familiar/cuidador

El siguiente perfil que se modela mediante un arquetipo es el familiar/cuidador. En este caso el perfil característico también es femenino. La relación más común es la de las hijas como cuidadoras. Tienen alrededor de 50 años y normalmente tienen su propia familia en la cual también representan el rol de cuidadoras principales. Normalmente no suelen vivir con el familiar afectado, sino que viven con su pareja e hijos/as. Soportan una gran carga familiar y son también el pilar de su propia familia. Suelen ser personas con un alto sentido de responsabilidad con respecto a sus familiares.

Este perfil no tiene muchas aficiones ya que tampoco dispone de tiempo para realizarlas. Como características principales se describe al familiar como una persona muy implicada y comprometida, exigente y con baja autoestima, propiciado porque todo su tiempo lo dedica a los demás y no tiene tiempo para sí misma. El entorno en el que vive es estresante, porque tiene demasiadas obligaciones de cuidado a los que vive a su alrededor, no tiene tiempo para ella misma y el poco que tiene se lo dedica a los demás. Respecto a los profesionales suele ser exigente y a veces desconfiada con la información que se le da, ya sea por falta de entendimiento o falta de confianza. La Tabla 2 recoge las características específicas que los usuarios han definido para caracterizar al familiar más común con los que tratan:

**Tabla 2** Arquetipo de familiar/cuidador.

Perfil familiar/cuidador	
<i>Características socio-demográficas:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mujer.</li> <li>- Española.</li> <li>- Casada.</li> <li>- 45 años.</li> <li>- Tiene hijos.</li> <li>- Nivel socio-económico medio.</li> <li>- Nivel educativo medio.</li> <li>- Ama de casa.</li> </ul>
Características de personalidad:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escasas habilidades de comunicación.</li> <li>- Inestable emocionalmente.</li> <li>- Baja autoestima.</li> <li>- Insegura.</li> <li>- Exigente.</li> <li>- Sincera.</li> <li>- Desconfiada (sobre todo del profesional sanitario).</li> <li>- Con exceso de preocupación.</li> <li>- Sentimiento de culpa.</li> <li>- Impaciente.</li> </ul>
<i>Estado de salud:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insomnio.</li> <li>- Descuida su salud (ella está en un segundo plano).</li> </ul>
<i>Aficiones:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No tiene (porque no tiene tiempo).</li> </ul>
Situación familiar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporta gran carga familiar.</li> <li>- Vive con su marido y sus dos hijos.</li> <li>- Es el pilar de la familia.</li> </ul>
<i>Otros aspectos a tener en</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su padre ha padecido un daño cerebral adquirido.</li> </ul>



- cuenta:*
- Muestra sobrecarga de roles.
  - Lleva todo el peso de la familia.
  - Falta de atención personal (desatendida por ella misma y por el resto).
  - Sensación de falta de tiempo y no puede visitar a otros familiares.
  - Preocupada en exceso por la atención por el enfermo (sobre cómo darle la mejor asistencia).
  - No pide ayuda, todo es su responsabilidad.
  - No acepta la enfermedad ni las actitudes de su familiar.
  - Se muestra impaciente por conseguir mejoras en su familiar.
  - No conoce en profundidad la enfermedad y tiene miedo.
  - Se siente culpable cuando las cosas no salen bien (alto sentimiento de responsabilidad).

Como escenario del perfil de familiar/cuidador se plantea una situación en la que tiene que llevar al paciente al médico, pero se agobia porque tiene que hacer labores del hogar y recoger a su hijo menor a última hora de la mañana y no sabe si le va a dar tiempo. Por su experiencia cuando va al hospital sabe la hora en la que entra, pero no en la que sale porque suele haber retrasos y con el tiempo que tarda en llegar porque tiene que coger dos autobuses se va a llevar toda la mañana. Además le surgen dudas que se le olvida cuando está en la consulta o le surgen en casa con el tratamiento y le gustaría disponer de algún medio de comunicación con el rehabilitador o con el terapeuta ocupacional.

#### **Perfil Rehabilitador**

El arquetipo del perfil rehabilitador se define como una mujer de 45 años con un nivel educativo y económico alto, está casada y tiene dos hijos. Su profesión es vocacional. Su pareja también es profesional. Además de su trabajo también se encarga de las tareas del hogar, por lo que tiene dificultades para conciliar su vida laboral y familiar, y no tiene tiempo para ella misma. Es una persona con aficiones y con carácter, que a pesar de no tener tiempo para ella misma, sigue reivindicando sus preferencias.

En la Tabla 3 se describe el arquetipo correspondiente al profesional rehabilitador definido en el taller:

**Tabla 3** Arquetipo de rehabilitador.

<b>Perfil rehabilitador</b>	
<i>Características socio-demográficas:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mujer.</li> <li>- Española.</li> <li>- 45 años.</li> <li>- Casada.</li> </ul>
Características de personalidad:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy estresada.</li> <li>- Profesional.</li> <li>- Muy activa.</li> <li>- Intuitiva.</li> </ul>

- Otros aspectos a tener en cuenta:*
- Trabaja 40 horas a la semana y en varios centros.
  - Su profesión es vocacional.
  - Tiene estrés.
  - Necesidades formativas continuas.

Como escenario para el perfil rehabilitador, se plantea que la rehabilitadora tiene la consulta hasta arriba, una compañera médica se ha puesto de baja. Le gustaría disponer de un sistema que visualmente pudiera ver los avances de los pacientes en los entrenamientos cognitivos. También considera que el uso de las nuevas tecnologías se podría aplicar para hacer teleconsultas, en donde pueda hacerles evaluaciones a los pacientes y evitar traslado de pacientes innecesarios, dado que estos pacientes suelen tener asociados dificultades motoras. También le gustaría tener un sistema interno de comunicación con los compañeros de terapia ocupacional para fines exclusivos de entrenamiento, dado que a su correo corporativo le llegan asuntos de diversa índole. También quiere que los pacientes puedan comunicarse con ella, por si tienen algún problema, pero no quiere que sea en tiempo real, porque puede estar en la consulta atendiendo a otros pacientes. En ese sentido, quiere que el paciente le informe del problema y ella resolver la incidencia o hacer la teleconferencia cuando pueda.

#### **Terapeuta Ocupacional**

En la Tabla 4 se recoge el arquetipo o perfil del terapeuta ocupacional definido. El personaje es femenino y la describen como una persona empática (cualidad deseada en estos profesionales), con muchas habilidades comunicativas, sin prejuicios y que ofrece un trato cercano y muy humano.

**Tabla 4** Arquetipo de terapeuta ocupacional.

<b>Perfil terapeuta ocupacional</b>	
<i>Características socio-demográficas:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mujer.</li> <li>- Española.</li> <li>- 30 años.</li> </ul>
Características de personalidad:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Positiva.</li> <li>- Carente de prejuicios.</li> <li>- Gran implicación social.</li> <li>- Cercana en el trato.</li> <li>- Sabe trabajar en equipo.</li> <li>- Profesional.</li> <li>- Empática.</li> <li>- Con grandes habilidades comunicativas.</li> </ul>
<i>Otros aspectos a tener en cuenta:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existen escasos recursos que puedan ofrecer a la familia, lo que en muchas ocasiones les produce frustración.</li> <li>- Falta de tiempo para atender de forma adecuada a los pacientes.</li> <li>- Tiene estrés</li> <li>- Necesidad de comunicación muy rápida</li> </ul>

Como escenario para el perfil terapeuta ocupacional se plantea que está un poco estresada porque tiene que atender a muchos pacientes y le gustaría dedicarle más tiempo del que le puede dedicar. Tampoco quiere que el paciente pase demasiado tiempo en el hospital porque sabe que no es su entorno natural y que no se siente cómodo. También le gustaría proporcionarle un programa de entrenamiento cognitivo que haga en casa, pero bajo su supervisión. Le gustaría que tuvieran algún medio en donde los pacientes y familiares o cuidadores pudieran comunicarse si tuvieran dudas. A continuación, en la Tabla 5 se describen las necesidades que surgen de la relación de los arquetipos con el resto de actores del sistema paciente, familiar, rehabilitador y terapeuta ocupacional, las denominadas necesidades relacionales.

**Tabla 5** Necesidades relaciones entre los diferentes arquetipos de usuarios del sistema de telerehabilitación cognitiva.

<b>Perfil\Respecto al resto de perfiles</b>	<b>Paciente</b>	<b>Familiar/cuidador</b>	<b>Rehabilitador</b>	<b>Terapeuta Ocupacional</b>
<b>Paciente</b>	<p>Quiere mejorar.</p> <p>Quiere hacer el entrenamiento cognitivo.</p> <p>No quiere aburrirse.</p> <p>No quiere que el entrenamiento sea demasiado complejo.</p> <p>No quiere tener que ir al hospital con tanta frecuencia.</p>	<p>Quiere que esté atento y que le cuide.</p> <p>Que lo motive.</p> <p>Que le de soporte con el sistema.</p> <p>Que controle todo lo relacionado con su salud.</p> <p>Paciencia, comprensión.</p> <p>Que lo escuche.</p>	<p>Quiere que lo trate y lo cure.</p> <p>Quiere poder comunicarse con él.</p> <p>Quiere tener más conocimiento de su enfermedad.</p>	<p>Quiere que le ayude con la realización del entrenamiento.</p> <p>Quiere que lo motive.</p> <p>Quiere poder comunicarse si tiene dudas.</p>
<b>Familiar/cuidador</b>	<p>Quiere que su familiar paciente recupere sus habilidades o mejore.</p> <p>Quiere ayudarlo a conseguir la recuperación.</p> <p>Quiere que colabore.</p> <p>Quiere que le cambie el humor y que vuelva a ser el familiar que era antes.</p> <p>Quiere que otros familiares le ayuden.</p>	<p>Esta dispuesto a darle soporte a su familiar paciente en hacer el entrenamiento cognitivo.</p> <p>No quiere perder tiempo en ir a consultas por los trastornos que les genera.</p>	<p>Quiere estar informado y conocer el estado de salud de su familiar y sus mejoras.</p> <p>Quiere que examine/evalúe a su familiar.</p> <p>Quiere comunicarse con él cuando lo necesite.</p>	<p>Quiere saber cuál es su entrenamiento, evolución, quiere preguntarle dudas, consultas.</p>
<b>Rehabilitador</b>	<p>Quiere que el paciente siga el plan de entrenamiento y que recupere sus habilidades/mejore.</p>	<p>Quiere que el familiar esté informado y que disponga de una forma fácil para ello.</p>	<p>Tiene muy poco tiempo y quiere optimizar sus consultas.</p>	<p>Quiere que sigas sus pautas u objetivos de rehabilitación para establecer las actividades</p>

### 3. Metodología

---

**Terapeuta  
ocupacional**

Quiere que si tiene algún problema le pueda informar.  
Quiere evitarle traslados innecesarios.  
Quiere que se recupere.  
Quiere evitar traslados innecesarios.  
Quiere que esté motivado con las actividades a entrenar.  
Quiere que el paciente tenga adherencia al tratamiento.  
Quiere disponer de un sistema que le permita comunicarse con facilidad con el paciente sin necesidad de traslados.

Quiere que si tiene algún problema le pueda informar.  
Quiere que esté informado.  
Que le dé soporte al paciente.  
Qué disponga de un mecanismo para comunicarse con él en caso de que tenga dudas con su tratamiento, sin necesidad de trasladarse.

Quiere hacer una rehabilitación de calidad.  
Quiere estar informado de la evaluación del paciente.  
Quiere tener una comunicación fluida.  
Quiere que le indique los objetivos de rehabilitación a entrenar.

adecuadas.  
Quiere estar informado del entrenamiento y la evolución del paciente.  
Quiere disponer de una herramienta que le permita editar fácilmente las actividades. Quiere una aplicación fácil e intuitiva para los pacientes. Quiere optimizar su tiempo.

Tras el esquema relacional entre los diferentes actores que intervendrían en el sistema, se esboza el diseño del mismo. El diseño que se plantea es un sistema que permita a los rehabilitadores y terapeutas ocupacionales evaluar al paciente, definir su plan de entrenamiento y realizar su seguimiento desde el hospital y por otra parte a los pacientes la realización de su plan de entrenamiento y asistir a consultas virtuales con los profesionales de salud desde su domicilio, evitando desplazamientos al hospital y optimizando los tiempos. Se identifica en los talleres que el dispositivo que deberían de usar los pacientes en el domicilio sea una Tablet por ser más accesible y por su interfaz táctil, que le facilitaría la realización de los ejercicios de entrenamiento. A continuación, en los siguientes apartados se procede a identificar los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, así como el diseño del mismo.

### 3.2.2. Requisitos del sistema

Tras analizar los perfiles de usuarios, escenarios, sus necesidades relaciones con otros usuarios, se identifican los requisitos funcionales que el sistema debe de cumplir como etapa previa al diseño y son los siguientes:

- RF001 Autenticación de Usuarios: Los usuarios se autenticarán introduciendo en la pantalla inicial nombre de usuario y contraseña. existirán 4 tipos de usuario para la aplicación web: administrador, rehabilitador, terapeuta y paciente. dependiendo del rol del usuario, el sistema mostrará unas funcionalidades u otras. Todos los usuarios, independientemente de su rol, visualizarán en el menú la opción "datos personales", donde podrán ver sus datos de usuario además de poder modificarlos si lo desean, a excepción únicamente del perfil paciente, que sólo podrá modificar su contraseña a través de un enlace que le enviará el administrador. Si el usuario intenta autenticarse más de tres veces consecutivas con una contraseña errónea será bloqueado, de forma que no podrá volver a acceder a la aplicación hasta que sea desbloqueado por un usuario con privilegios para hacerlo, o bien se desbloqueará automáticamente pasado un tiempo determinado. Para proceder al desbloqueo, será necesario que el administrador le remita al actor afectado un enlace a la dirección de correos facilitada en el que podrán modificar su contraseña. en caso de tratarse del perfil paciente, dicho enlace será remitido también al cuidador que acompañe al paciente. Las dos opciones estarán implementadas.
- RF002 Usuario administrador: La aplicación traerá por defecto un usuario ya creado con el perfil de administrador que tendrá disponibles todas las funcionalidades del sistema. Será el encargado de controlar y dar de alta en el sistema al resto de profesionales de la aplicación (administrador, terapia ocupacional, rehabilitador). Tras su acceso al sistema, podrá acceder a las siguientes funcionalidades: agenda/ datos personales, gestión de profesionales, gestión de pacientes, buzón de incidencias y mensajería. La funcionalidad de datos personales le permitirá consultar sus datos personales registrados en la aplicación, así como modificarlos y conocer los eventos

registrados en la agenda. Con gestión de profesionales tendrá disponibles las funcionalidades para dar de alta profesionales (usuarios con perfil administrador, rehabilitador o terapeuta), realizar búsquedas entre los profesionales ya registrados, así como modificar sus datos o bien darlos de baja. mediante gestión de pacientes podrá consultar los datos de los pacientes ya registrados, realizar búsquedas de pacientes a partir de un filtro, modificar sus datos o bien, darlos de baja. Con el buzón de incidencias podrá consultar todas las incidencias enviadas o peticiones enviadas por los pacientes a través de mensajes de voz. con la mensajería, podrá enviar mensajes de texto a los profesionales registrados en la aplicación o a otros administradores si hubiesen, así como consultar los mensajes recibidos o enviados y eliminar mensajes descargado posteriormente.

- RF003 Gestión de datos personales: La gestión de datos personales es una funcionalidad que el sistema presentará para todos los usuarios registrados. Para ello, el sistema presentará la opción agenda/datos personales, que dará acceso al formulario de consulta y modificación de sus propios datos de usuario. Se presentará un formulario con los datos personales y de acceso del usuario que se añadieron en el momento del alta, los cuales podrán ser modificados debidamente si lo desea o simplemente consultarlos sin realizar cambio alguno. En caso de tratarse de un paciente, éste sólo podrá cambiar su contraseña tras enviar un mensaje de voz a través del buzón de incidencias indicando que desea modificarla para que le remita a éste y a su cuidador por correo electrónico el enlace mediante el que proceder a su modificación. Una vez que se hayan modificado los datos, el usuario aceptará la operación y el sistema informará del éxito de la misma o, en su caso, de los posibles errores que se hayan podido producir, tales como campos obligatorios no cumplimentados, formatos incorrectos, etc. Así mismo, en la agenda todos los usuarios visualizarán los eventos programados. Además, desde los perfiles rehabilitador y terapia ocupacional, el profesional deberá registrar si el paciente ha acudido debidamente a la cita o si en cambio se ha producido algún problema bien porque no haya asistido o por otros de carácter técnico, etc.
- RF004 Gestión de usuarios administrador: El usuario administrador será el encargado de la gestión de profesionales de rehabilitación así como de terapia ocupacional, a partir de gestión de profesionales. Los usuarios con perfil paciente se detallan en el requisito "terapia/rehabilitación gestión de pacientes". Al acceder a la gestión de profesionales se le presentará un listado con todos los profesionales dados de alta hasta la fecha y podrá tanto realizar búsquedas a partir de un filtro, consultar todos los datos del profesional, así como modificar los mismos o darlos de baja. Además, podrá dar de alta nuevos profesionales en la aplicación. La gestión de usuarios se realizará cumpliendo la ley orgánica de protección de los datos y otras leyes pertinentes para garantizar la confidencialidad de la información de los datos del paciente. En la fase de análisis será definida la información que se presentará de cada usuario, pudiendo ser ésta, entre otros: fecha de alta, nombre de usuario, estado del usuario (activo/inactivo), centro de trabajo, etc.

- RF005 Baja de usuario: Se facilitará al administrador en la gestión de profesionales, para cada profesional registrado, un botón baja, que permitirá dar de baja al usuario seleccionado. la baja de los usuarios con perfil paciente está detallada en el requisito "baja de paciente". Cuando el usuario esté dado de baja (inactivo), no tendrá acceso al sistema. Al dar de baja al usuario, éste no será eliminado definitivamente del sistema, sino que pasará a estar en estado inactivo. Antes de dar de baja al usuario, se pedirá confirmación para realizar la operación.
- RF006 Alta usuario por parte administrador: En el apartado de gestión de profesionales, se facilitará un botón alta, para que el administrador pueda acceder al formulario de alta de profesionales. El alta de usuarios con perfil paciente se encuentra detallada en el requisito "alta de paciente". El formulario de alta estará formado por datos del Profesional, rol del usuario (administrador, rehabilitador, terapia ocupacional) y datos de acceso que tendrá que cumplimentar para dar de alta al usuario.
- RF007 Modificación de usuarios por administrador: Para cada profesional registrado se le facilitará al administrador la funcionalidad de que pueda modificar los datos del profesional. La modificación de usuarios con perfil paciente se detalla en el requisito modificación paciente por terapeuta ocupacional/rehabilitador.
- RF008 Usuario rehabilitador y terapeuta ocupacional: El usuario terapeuta/rehabilitador será el encargado de controlar, mantener contacto y gestionar a los pacientes, así como de editar y programarle el entrenamiento personalizado. Este usuario tendrá acceso a las funcionales de agenda/datos personales, gestión de pacientes, buzón de incidencias, mensajería, videoconferencia, edición de tratamiento. "Datos personales" permitirá la modificación de sus datos propios. En "agenda" aparecerán las citas programadas, en gestión de pacientes dará acceso a las diferentes funcionalidades que se podrán llevar a cabo sobre los mismos, tales como alta, modificación, baja, asignación de profesionales a los pacientes, etc. En buzón de incidencias, permitirá gestionar los mensajes de voz con las incidencias enviados por los pacientes. Con la funcionalidad de mensajería, los profesionales podrán enviar mensajes de texto a otros profesionales, así como adjuntar un fichero en cada mensaje que posteriormente podrá ser descargado al consultar el mensaje. Con la funcionalidad de editar tratamiento, podrá crear o modificar el entrenamiento personalizado a los pacientes. La función de videoconferencia permitirá a los profesionales contactar mediante videoconferencia con los pacientes para realizar valoraciones, anotaciones, etc.
- RF009 Terapeuta ocupacional/rehabilitación. Buzón de incidencias: Esta opción dará acceso a un listado de los mensajes de voz enviados por los Pacientes con las dudas o incidencias que les hayan podido surgir. El listado irá acompañado de un buscador, que permitirá filtrar los mensajes de voz por los campos más relevantes y con ello facilitar al usuario el poder encontrar,



entre los mensajes de voz, aquéllos que desea oír. Para cada mensaje de voz del listado, estará disponible la función de consulta, eliminación y cambio de estado para indicar si está pendiente de resolución, revisada o resuelta. La función de consulta, permitirá al usuario el poder escuchar el mensaje de voz del paciente quedando el mensaje en estado "revisado" y registrándose la fecha y hora y profesional que lo ha revisado. La funcionalidad para cambiar estado a "resuelta", además de resolver la incidencia, registrará el profesional que la ha resuelto así como la fecha y hora. La funcionalidad de eliminación, eliminará la incidencia de forma definitiva del sistema.

- RF010 Terapeuta ocupacional/rehabilitador. Videoconferencia: Los profesionales podrán realizar videoconferencias con los pacientes que tengan asignados. La videoconferencia irá acompañada de un formulario para realizar valoraciones o dejar observaciones registradas que dependerá del perfil del profesional. Las videoconferencias, así como el tiempo y el resultado en caso de valoración del paciente, quedarán almacenadas y podrán ser consultadas por tales profesionales desde el aplicativo web.
- RF011 Terapia/rehabilitador. Gestión de pacientes: Para realizar la gestión de pacientes, los profesionales tendrán un listado con los pacientes asignados, para facilitar la búsqueda dispondrán de un buscador de pacientes. Dentro de esta funcionalidad también se podrá dar de alta a un nuevo paciente. Para cada paciente que el profesional tenga asignado, estarán disponibles las siguientes funcionalidades: 1) modificación y consulta de los datos del paciente, establecimiento de citas, consulta de valoraciones, etc.; 2) eliminación, que supone la desvinculación del profesional que lo haya solicitado con su paciente, por lo dicho paciente será desactivado. Antes de finalizar la operación, le saldrá al profesional un mensaje de confirmación en el que se le advertirá que impedirá acceder a los datos de ese paciente. Así mismo, cuando se produzca dicha desvinculación, todos los profesionales clínicos de recibirán una notificación de dicho cambio. El paciente no será informado del cambio de personal clínico asignado; 3) definir entrenamiento, mediante esta opción los terapeutas ocupacionales podrán asignar el tratamiento personalizado al paciente según sus necesidades; 4) evaluación del paciente. Los terapeutas y rehabilitadores podrán valorar las fichas realizadas por los pacientes. La evaluación se podrá modificar.
- RF012 Baja de Paciente: Para los profesionales de rehabilitación o de terapia ocupacional estará disponible desde la gestión de pacientes la funcionalidad para dar de baja a los pacientes. Al dar de baja al paciente, éste no será eliminado definitivamente del sistema, sino que pasará a estar en estado inactivo. Si el estado del paciente es inactivo, el sistema permitirá que los profesionales que éste haya tenido asignados puedan seguir consultando todos los datos que hayan sido registrados para el mismo. Antes de dar de baja al usuario, se pedirá confirmación para realizar la operación.
- RF013 Modificación de paciente: Los profesionales de rehabilitación o de terapia ocupacional tendrán disponible la funcionalidad para modificar los datos de los pacientes que tengan asignados.

- RF014 Alta paciente: En gestión de pacientes de los usuarios de rehabilitación, se dispondrá de la funcionalidad de alta de paciente, que dará acceso al formulario de alta. En tal formulario se añadirán los datos personales del paciente y se le asignará el paciente a otros rehabilitadores y a los terapeutas ocupacionales que serán los responsables del tratamiento. Así mismo, también se le asignará el dispositivo entre una lista desplegable con los equipos disponibles.
- RF015 Consultar Videoconferencia: Los usuarios terapeutas/rehabilitadores desde la gestión de pacientes dispondrán de una funcionalidad para la consulta de las videoconferencias realizadas a sus pacientes asignados. Para facilitar la búsqueda dispondrán de un buscador.
- RF016 Valoración del paciente: Los usuarios rehabilitadores y de terapia ocupacional tendrán la funcionalidad de valorar las videoconferencias realizadas a los pacientes que tengan asignados, así como los ejercicios de entrenamiento cognitivos realizados por los pacientes, consultar dichas valoraciones y en caso de que considero necesario reeditar la valoración. Cada vez que se realice una valoración se registrará profesional y fecha.
- RF017 conexión con SmartBrain: El sistema podrá conectarse con la aplicación Smartbrain para que el paciente haga su entrenamiento en base a dicho sistema comercial. Para, ello los profesionales tendrán que programar en Smartbrain el plan de entrenamiento del paciente y subir al sistema de mHealth ficheros Excel con los resultados del paciente. Los resultados de dicha Excel será interpretado por el sistema, el cuál mostrará los resultados de forma numérica y gráfica atendiendo a filtros por categorías y fecha.
- RF018 Edición de fichas de entrenamiento cognitivo: Los usuarios de terapia ocupacional tendrán la opción de además de utilizar el programa comercial de Smartbrain, la funcionalidad de editar nuevas fichas propias de entrenamiento cognitivo. Las fichas consistirán en una imagen en formato .jpg editadas con editores gráficos externos al sistema como los gratuitos GIMP, Paint, etc. Las fichas serán dadas de alta, introduciendo un enunciado, explicación, subiendo la imagen de la misma e introduciendo una clasificación por categoría y subcategoría. Una misma ficha podrá tener asignada más de una categoría. Las categorías y subcategorías definidas inicialmente son:
  - Atención:
    - Dividida.
    - Focal.
    - Selectiva.
    - Sostenida.
  - Cálculo:
    - Procesado numérico.
  - Lenguaje.
  - Memoria:

- De trabajo.
- Episódica.
- Inmediata.
- Reciente.
- Semántica.
- Orientación:
  - Espacial.
  - Personal.
  - Temporal.
- Percepción (visual):
  - Esquema corporal. Reconocimiento de espacio intrínseco.
  - Gnosis. Reconocimiento de espacio extrínseco.
  - Habilidades visoespaciales.
- Praxias:
  - Constructiva.
  - Ideatoria.
- Procesos de pensamiento:
  - Categorización.
  - Creatividad.
  - Funcionamiento ejecutivo.
  - Razonamiento.

No obstante, se habilita la opción de que pueda editar categorías y subcategorías existentes o crear nuevas.

- RF019 Diseño de plan personalizado de entrenamiento: Los usuarios terapeutas ocupacionales (aunque también se le habilita esta opción para el perfil de rehabilitador) diseñaran el plan personalizado de entrenamiento cognitivo al paciente asignando fichas disponibles en la aplicación a dicho paciente. Para ello, dispondrá de un buscador que podrá filtrar por categorías y subcategorías. El terapeuta antes de asignar podrá visualizar las fichas disponibles y podrá ver en detalle las mismas.
- RF020 Realización de plan personalizado de entrenamiento: El sistema proporcionará al paciente la posibilidad de acceder, desde el menú principal en la aplicación del dispositivo, Tablet PC, al icono Tratamiento, correspondiente a su Plan Personalizado de Entrenamiento. Al acceder a dicho icono el sistema le mostrará la opción de conectarse a Smartbrain o a acceder a las fichas diseñadas por terapia ocupacional. Dichas fichas dispondrán de un breve enunciado que le indica lo que debe de hacer. El sistema activará una función de edición en donde el usuario podrá pintar sobre la ficha para poder realizar el ejercicio. En caso de que se equivoque podrá borrar. Una vez realizado el ejercicio, el usuario paciente pulsará siguiente y la ficha automáticamente será enviada al servidor del sistema, en donde el terapeuta ocupacional podrá acceder para valorarlo.
- RF021 Mensaje de voz paciente: El sistema proporcionará al paciente la posibilidad de poder grabar mensajes de voz con las dudas o incidencias, con

el objetivo de informar al personal sanitario asignado (terapeuta/rehabilitador) para su resolución. Para ello en el menú inicial del paciente se facilitará un botón que dará acceso a esta funcionalidad. Una vez dentro, se presentará una interfaz en la que el paciente podrá comenzar la grabación del mensaje en el momento que lo desee y pararlo una vez que haya finalizado. Con ello, el mensaje quedará guardado de manera que pueda ser consultado por el personal sanitario desde el buzón de incidencias.

- RF022 Videoconferencia paciente: El paciente dispondrá de la funcionalidad de videoconferencia para que los profesionales del área de terapia ocupacional o rehabilitación puedan contactar con él para su seguimiento por videoconferencia con citas establecidas previamente por tales profesionales, o para resolver posibles dudas que el paciente haya enviado al buzón de incidencias. Dichas comunicaciones quedarán reflejadas tanto en la agenda del paciente como la del profesional. Siempre será el profesional el que inicie tales videoconferencias.
- RF023 Consulta de citas paciente: El sistema proporcionará al paciente la posibilidad de poder consultar las fechas en las que debe mantener la videoconferencia o valoración por videoconferencia con el personal sanitario. Para ello, en el menú inicial del paciente se le facilitará un botón que dará acceso a dicha agenda.
- RF024 Mensajería entre profesionales: El sistema dispondrá de la funcionalidad de mensajería interna entre profesionales. Cada profesional dispondrá de un buzón de mensajería desde el cual podrá consultar los mensajes que ha recibido de otros profesionales y los que ha enviado a otros profesionales, adjuntar archivos o descargarlos eliminar mensajes recibidos o enviados por él, así como enviar mensajes a otros profesionales registrados en el aplicativo adjuntado un fichero en cada uno de los mensajes si así lo desea.

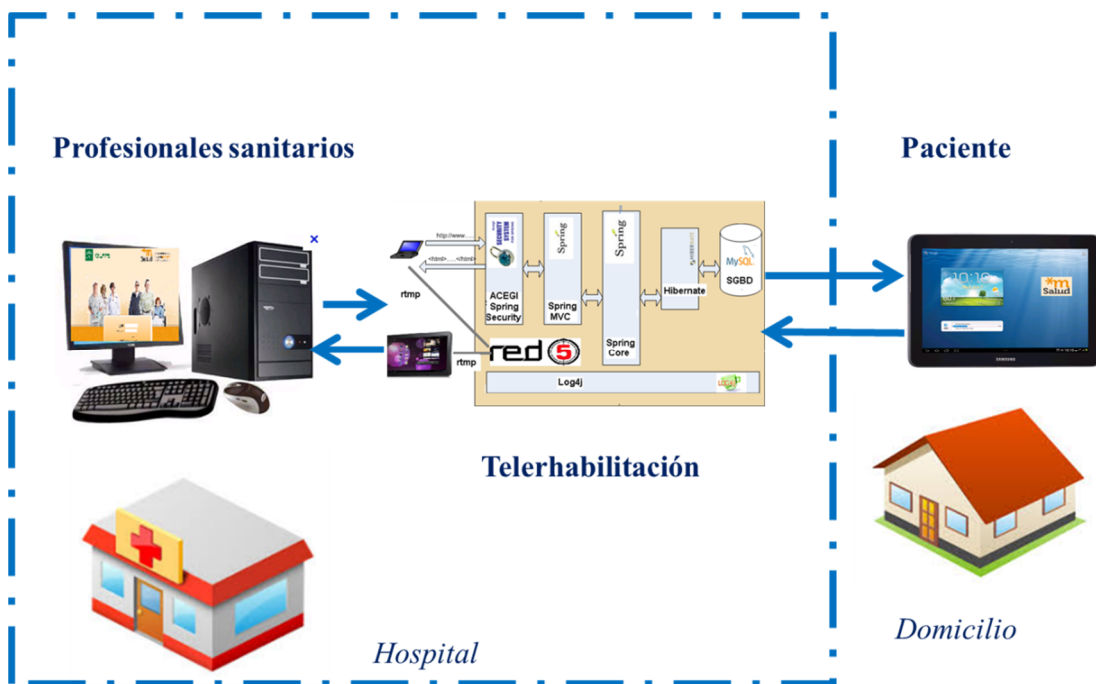
Los requisitos no funcionales que el sistema debe de cumplir son los siguientes:

- RQNF001 Autenticación/autorización: La autenticación/autorización de los usuarios en el sistema es interna y propia del sistema, no existe integración con sistemas externos al respecto. El sistema cumplirá con la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD): 1) Bloqueo de usuarios tras 3 reintentos de acceso con password errónea. Desbloqueo por parte del Administrador; 2) Cambio de contraseña mediante confirmación vía correo electrónico. La contraseña no se podrá modificar directamente desde una interfaz de pantallas. Se confirmará a través de una URL que se envíe por correo electrónico; 3) Registro de las operaciones de consulta y 4) Conexiones cifradas https en cualquier acceso.
- RQNF002 Navegadores compatibles: El sistema será compatible con los navegadores Internet Explorer, Chrome y Mozilla Firefox.

### 3.2.3. Diseño del sistema

En base a la definición de arquetipos de usuarios, escenarios, detección de necesidades y sus relaciones con el entorno y tras la identificación de los requisitos funcionales y no funcionales que el sistema a diseñar debe de cumplir, se procede al diseño del sistema. Para ello, como primer punto se modela el proceso mediante BPMN (*Bussines Process Model and Notation*). BPMN es una notación gráfica estandarizada que permite el modelado de procesos de negocio, en un formato de flujo de trabajo, en donde se identifican los actores y modelan las tareas y las relaciones. El principal objetivo es proporcionar una notación estándar que sea fácilmente legible y entendible para el diseño del sistema.

El sistema diseñado es una aplicación web cliente servidor, en donde los profesionales sanitarios dispondrán de una web que accederán desde los ordenadores del hospital para el realizar el entrenamiento cognitivo y el seguimiento y valoración de los pacientes. Los pacientes mediante un dispositivo móvil Tablet, utilizarán el interfaz táctil para realizar su entrenamiento y acudir a sus consultas de forma virtual desde su domicilio, como se puede observar en la Fig.3.



**Fig.3:** Arquitectura del sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido diseñado.

De esta forma, el sistema proporcionará un tratamiento de rehabilitación cognitivo y una teleasistencia a los pacientes con daño cerebral adquirido. En las sesiones de telerehabilitación los pacientes realizarán un plan Personalizado de Entrenamiento del Paciente (PEP) fuera del hospital mediante servicios de mHealth que incluirá el uso de videoconferencias. Gracias a estos servicios, los pacientes podrán estar en contacto con el personal de rehabilitación y terapia ocupacional del hospital sin necesidad de

desplazarse al centro hospitalario. El objetivo de tales videoconferencias será que los profesionales sanitarios puedan realizar tareas de seguimiento y valoraciones clínicas periódicas a los pacientes. Igualmente, los pacientes podrán consultar y resolver dudas referidas al propio entrenamiento prescrito y/o cuestiones técnicas mediante el envío de mensajes de voz o durante la propia videoconferencia. En este sentido, los pacientes acudirán al hospital sólo al inicio para la valoración inicial y enseñarle a usar la aplicación, evitando los posteriores desplazamientos. En la Fig. 4 se muestra el modelado de proceso de telerehabilitación cognitiva de pacientes mediante el sistema a diseñar y en el Anexo I se muestran imágenes de los interfaces del sistema diseñado.

### 3. Metodología

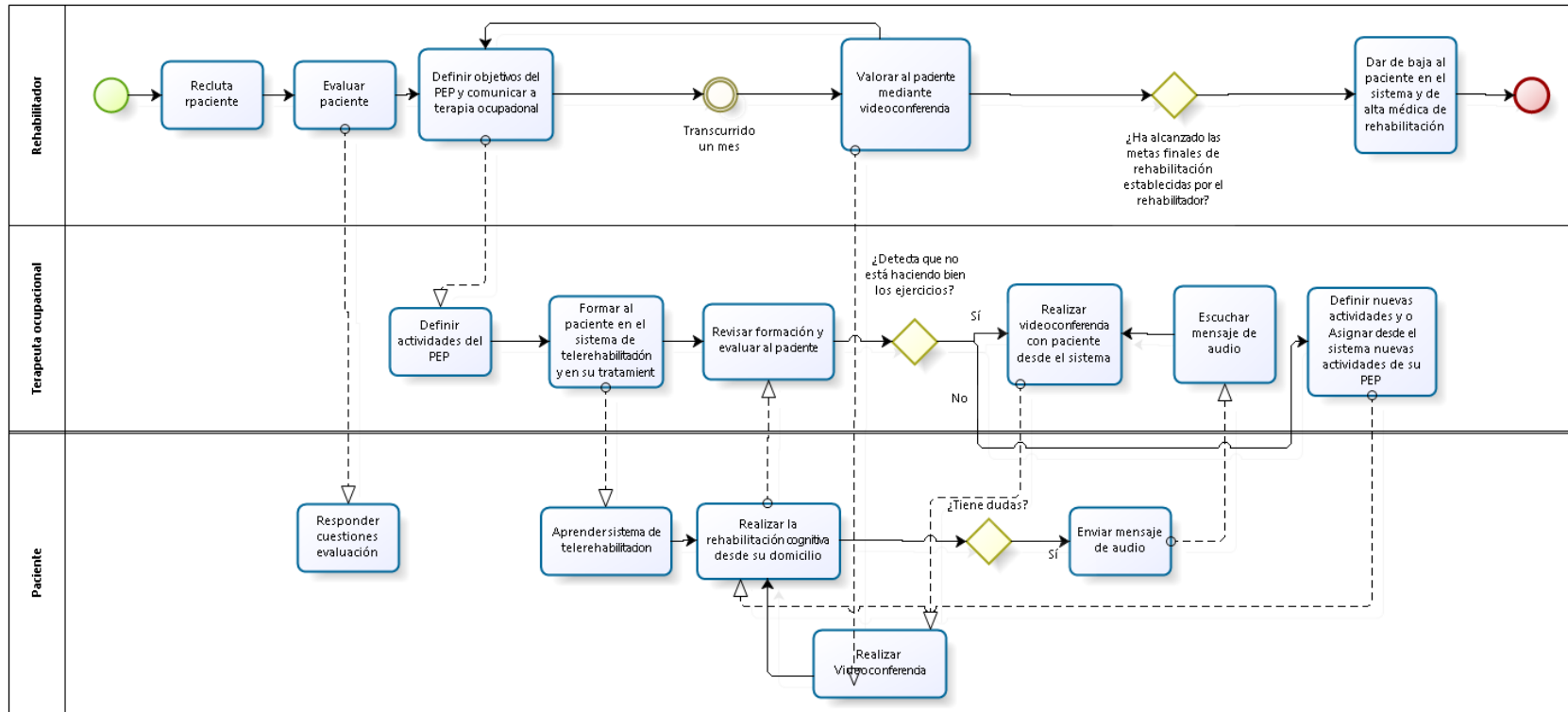


Fig.4: Diseño del sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido

### 3.3. Sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente con PCI y PBO

En los talleres para la identificación de necesidades de usuario del sistema de rehabilitación motora de pacientes pediátricos a través de la robótica, participaron profesionales, pacientes y cuidadores de la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación y el Grupo de Innovación Tecnológica del Hospital Universitario Virgen del Rocío, ingenieros de la Universidad de Málaga y de la Universidad Carlos III de Madrid. En concreto:

- Hospital Universitario Virgen del Rocío:
  - Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación:
    - 3 médicos rehabilitadores (Directora de la Unidad).
    - 4 fisioterapias.
    - 2 terapeutas ocupacional.
    - 1 logopeda.
    - 2 pacientes.
    - 2 cuidadores/familiares de pacientes.
  - Grupo de Innovación Tecnológica:
    - 2 ingenieros superiores.
- Universidad de Málaga:
  - 3 Ingenieros superiores expertos en robótica desarrolladores de la solución.
- Universidad Carlos III de Madrid:
  - 3 Ingenieros superiores expertos en robótica desarrolladores de la solución.

La rehabilitación motora a través del sistema robótico para los pacientes con PCI y PBO en lugar de realizarse en el domicilio como el anterior sistema, se plantea que se realice en el hospital o en una sala de un centro ambulatorio, dado que actualmente no es viable que cada pacientes pueda tener un robot en su domicilio. De forma que los usuarios que interactúan con el robot son el paciente pediátrico y el fisioterapeuta, dado que el robot será un asistente de éste para llevar a cabo la rehabilitación. En este sentido, los perfiles que se definieron en los talleres fueron:

- Perfil Paciente cuyos criterios definidos en consenso fueron :
  - Pacientes con edades comprendidas entre los 3 y los 14 años.
  - Un familiar/cuidador mayor de edad, representante legal del paciente, debe manifestar por escrito el consentimiento para participar en el estudio.
  - El menor debe haber recibido un diagnóstico de PBO o presentar alteraciones motrices en uno de los miembros superiores secundarias a hemiplejía espática.



- Éste mismo, debe obtener un nivel de funcionalidad del miembro superior afecto según la Escala MACS de I a III.
  - El menor debe sufrir una afectación de la movilidad del hombro, codo y muñeca, siendo el balance articular residual de al menos el 50% del normal y un balance muscular superior de 2 en la escala de fuerza manual modificada del MRC (*Medical Research Council*).
  - El paciente ha de poseer una capacidad funcional de visión adecuada que le permita realizar las actividades y ejercicios sin dificultades añadidas por problemas derivados de la visión.
- Perfil fisioterapeuta: El tiempo es un gran recurso de valor de este perfil, tiene que atender a muchos pacientes y tiene que optimizar su tiempo.

### 3.3.1. Personas-Escenarios

A continuación, se describe en este apartado los arquetipos de personas formados por paciente y fisioterapeuta y los ejemplos de escenarios para los dos arquetipos definidos durante los talleres. Asimismo, a partir de dicho trabajo, se definen también las necesidades relacionales entre los dos arquetipos o perfiles de usuario, como paso previo a la definición de requisitos y diseño del sistema.

#### Perfil paciente

Los pacientes con PCI y PBO suelen ser pacientes de corta edad que han pasado bastante tiempo en el hospital, sobre todo al principio cuando se le detecta la patología. También son pacientes que suelen estar sobre estimulados porque generalmente sus padres o familiares se preocupan mucho por su patología, quieren que se recuperen pronto y los llevan a terapias, clases particulares, extraescolares, etc. No les gusta ir demasiado al hospital. Están cansados de ejercicios de rehabilitación y generalmente presentan poca adherencia a la realización de tablas de entrenamiento de ejercicios motores. También se frustran si el ejercicio a realizar les cuesta demasiado y es consciente de que no puede realizar el movimiento. Como todos los niños les gusta jugar y usar las nuevas tecnologías como los móviles, tablet, juguetes que interaccionan, etc. Sus padres y/o familiares se preocupan mucho, suelen ser muy participativos y se implican en la rehabilitación de su hijo. El nivel educativo y económico del paciente suele ser medio. La Tabla 6 muestra el arquetipo del paciente definido:

**Tabla 6** Arquetipo de paciente.

Perfil paciente	
<i>Características socio-demográficas:</i>	- Niño. - Español.

---

	- 4 años.
Características de personalidad:	- Activo. - Extrovertido. - Alegre.
<i>Estado de salud:</i>	- PBO.
<i>Aficiones:</i>	- Le encanta jugar y ver dibujitos.
Situación familiar:	- Tiene un hermano de un año. - Vive con sus padres y su hermano. - Tiene sus cuatro abuelos.
<i>Otros aspectos a tener en cuenta:</i>	- Va a natación y a clases particulares. - Se distrae con facilidad.

---

Como escenario para el arquetipo de paciente se plantea que tiene que ir al hospital para realizar la rehabilitación motora con un fisioterapeuta, pero no quiere, llora y le dice a su mamá que no quiere, que no le gusta, que quiere ir al parque. Su madre tiene que llevarlo distrayéndolo e intentándole motivarle diciéndose que se lo va a pasar muy bien y que se va a poner pronto bueno. Además si lo hace todo bien le regalará un juguete. Cuando llega a la consulta al principio no quiere, el fisioterapeuta lo convence pero se cansa enseguida. A través del juego consigue que haga gran parte de los ejercicios motores que tenía que hacer con gran dificultad.

### Perfil fisioterapeuta

En la Tabla 7 se recoge el arquetipo o perfil del terapeuta ocupacional definido. El personaje es masculino, joven y se describe como una persona empática (cualidad deseada en estos profesionales), con muchas habilidades comunicativas, su profesión es vocacional y le encanta trabajar con los niños, pone todo su empeño para que se recupere o mejore pronto.

**Tabla 7** Arquetipo de fisioterapeuta.

---

<b>Perfil fisioterapeuta</b>	
<i>Características socio-demográficas:</i>	- Hombre. - Español. - 30 años.
Características de personalidad:	- Positivo. - Simpático. - Gran implicación en la rehabilitación. - Cercano. - Entusiasta. - Riguroso. - Empático. - Con grandes habilidades comunicativas.

*Otros aspectos a tener en cuenta:*

- Existen escasos recursos que le den soporte en la rehabilitación motora de los pacientes infantiles y cada día tiene que reinventarse para intentar atraer al niño y conseguir que haga la terapia.
- Falta de tiempo.
- Tiene estrés.
- A veces se frustra cuando no consigue estimular a los niños y no consigue llevar a cabo la terapia.

Como escenario para el perfil de fisioterapeuta se plantea un día en el hospital en donde tiene que realizar la terapia con varios niños, les gustaría dedicarles más tiempo porque requieren un esfuerzo especial de concentración, a veces la terapia se la pasa intentando convencer al niño. Le gustaría tener algún recurso que fuera atractivo para el niño. Ha leído en revistas científicas y ha visto que en algunos centros se han realizados pruebas con robots en la rehabilitación de pacientes. Cree que puede ser un buen asistente para su rehabilitación. Le gustaría que el robot a través del juego hiciera el entrenamiento con los pacientes. Por otro lado, detecta que le gustaría disponer de un sistema que le permitiera almacenar los logros y avances de sus pacientes de una manera objetiva. Al hacer cada día un ejercicio diferente es complicado medir evolución. Los test de medida existentes no son personalizados y no discernen las pequeñas evoluciones.

A continuación, en la siguiente tabla se muestran las necesidades relaciones entre los dos arquetipos definidos, el paciente y el fisioterapeuta.

**Tabla 8** Necesidades relaciones entre los diferentes arquetipos de usuarios del sistema de rehabilitación robótico.

<b>Perfil\Respecto al resto de perfiles</b>	<b>Paciente</b>	<b>Fisioterapeuta</b>
<b>Paciente</b>	Quiere hacer movimientos como sus compañeros del cole. No quiere hacer ejercicios aburridos. Quiere jugar y le cuesta ir a terapia. Le cuesta concentrarse.	Quiere jugar con él a cosas divertidas. Que le ayude a ponerse bueno. Quiere pasárselo bien con él. Que lo escuche.
<b>Fisioterapeuta</b>	Quiere que se recupere. Quiere que esté motivado. Quiere que tenga adherencia con el tratamiento rehabilitador. Quiere que colabore. Quiere que esté contento.	Quiere disponer de recursos que le faciliten el realizar una terapia motivadora. Quiere disponer de un sistema que le permita registrar objetivamente pequeños cambios en la evolución del paciente. Quiere motivar al paciente

con el entrenamiento.  
Quiere hacerle al paciente un  
entrenamiento personalizado.

---

Tras el esquema relacional entre los diferentes actores que intervendrían en el sistema, se definen los requisitos del sistema y el diseño del sistema. El diseño que se plantea es un sistema robótico que permita a los terapeutas ocupacionales realizar un plan de entrenamiento personalizado a través del juego y que a la vez permita el seguimiento de la evolución del paciente. A continuación, en los siguientes apartados se procede a identificar los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, así como el diseño del mismo.

### 3.3.2. Requisitos del sistema

Tras analizar los perfiles de usuarios y definir arquetipos, escenarios y las necesidades relaciones, se identifican los requisitos funcionales y no funcionales que el sistema debe de cumplir como etapa previa al diseño. Los requisitos funcionales que el sistema debe de cumplir son los siguientes:

- RF001 Autenticación de Usuarios: Los usuarios se autenticarán introduciendo en la pantalla inicial nombre de usuario y contraseña. Existirán 2 tipos de usuario para el control de la plataforma robótica: Administrador y fisioterapeuta. El paciente no controlará el sistema sino que realizará con él el entrenamiento. Dependiendo del rol del usuario, el sistema mostrará unas funcionalidades u otras.
- RF002 Usuario administrador: La aplicación traerá por defecto un usuario ya creado con el perfil de administrador que tendrá disponibles todas las funcionalidades del aplicativo. Será el encargado de controlar y dar de alta en el sistema a los fisioterapeutas. Tras su acceso al sistema, podrá acceder a las siguientes funcionalidades: datos personales, gestión de profesionales y gestión de pacientes. La funcionalidad de datos personales, le permitirá consultar sus datos personales registrados en la aplicación, así como modificarlos y conocer los eventos registrados en la agenda. Con gestión de profesionales, tendrá disponibles las funcionalidades para dar de alta a los fisioterapeutas. Mediante gestión de pacientes podrá consultar los datos de los pacientes ya registrados, realizar búsquedas de pacientes a partir de un filtro, modificar sus datos o bien, darlos de baja.
- RF003 Alta y baja de pacientes: Los fisioterapeutas dados de alta en la aplicación podrán dar de alta y baja a sus pacientes. La baja realizada por un usuario con perfil fisioterapeuta, no borrará del sistema al paciente, sino que

lo pondrá en estado de inactivo, de forma que pueda consultar en un futuro los ejercicios realizados, puntuaciones, etc. El usuario administrador sí que podrá borrarlo del sistema. Esta funcionalidad se contempla por si se ha producido algún error en la baja del usuario, etc.

- RF004 Información del paciente: La plataforma contendrá la información del paciente que se indica a continuación.
  - Nombre y apellidos.
  - Número de historia clínica (NHC) y Número de Historia Única de Salud de Andalucía (NHUSA).
  - Fecha de nacimiento y edad en el momento del comienzo del pilotaje.
  - En los niños con PCI, nivel de funcionalidad del miembro superior afecto según la escala MACS.
  - Dominancia del niño (indicación del miembro sano para personalización del entrenamiento).
  - Canciones que le gusten (como refuerzo positivo en el entrenamiento).
  - Número de sesiones realizadas.
- RF005 Usuario fisioterapeuta: El usuario fisioterapeuta será el encargado de controlar y gestionar a los pacientes, así como de editar, programarle y supervisarle el entrenamiento personalizado en la plataforma.
- RF006 Entrenamiento motor: La rehabilitación proporcionada por la plataforma robótica se centrará en el entrenamiento motor del miembro superior. En concreto, los ejercicios se centrarán en:
  - Hombro:
    - a) Abducción de hombro.
    - c) Flexión de hombro.
  - Codo y antebrazo:
    - a) Flexión.
    - b) Extensión de codo.
    - c) Supinación.
    - d) Pronación.
- RF007 Duración del entrenamiento: La duración de las sesiones de rehabilitación no superaran los 30 minutos, tiempo estimado por los profesionales para realizar la terapia.

- RF008 Interacción del robot: La rehabilitación del robot será personalizada para cada paciente. Para ello, el terapeuta definirá para cada paciente su perfil y se almacenará en la plataforma. La plataforma robótica llamará al niño por su nombre, realizará los ejercicios de rehabilitación ajustados a las necesidades individuales del paciente, los estimulará y animará, reproducirá sus canciones favoritas, con el fin de motivarles en la realización de los ejercicios.
- RF009 Lenguaje: El lenguaje utilizado por el robot debe de ser amigable, utilizando términos y frases que un niño pueda entender. El diálogo o lenguaje que debe de proporcionar el robot deben de ser positivas incentivando el progreso del niño, sin destacar lo que no ha logrado o conseguido.
- RF010 Realización automática de entrenamiento: El robot no tendrá programado lo que debe de decir ni hacer. Para cada paciente tendrá una ficha con sus necesidades de rehabilitación y ejercicios predefinidos, pero el robot tiene conceptualizado el mundo que lo rodea y en función de los parámetros que captura, interpreta de forma automática la información y genera las siguientes instrucciones de rehabilitación.
- RF011 Realización correcta de movimientos: El robot detectará si el paciente realiza bien el entrenamiento y se lo comunicará verbalmente, así como mediante código de colores en sus ojos, iluminándose los mismos en color verde si el ejercicio lo realiza correctamente. En caso de que no haga bien el ejercicio, se lo indicará y sus ojos se iluminarán de color amarillo.
- RF012 Corrección de movimientos: El robot explicará al paciente cómo debe de realizar el entrenamiento en cada ejercicio. En caso de que no lo haga bien, el robot le indicará la postura que ha realizado el paciente y a continuación el movimiento o postura que debe de realizar para que pueda observar la diferencia y mejorar.
- RF013 Adaptación automático del entrenamiento: En caso de que el paciente no logre realizar el ejercicio tras haberle indicado que no está bien y la corrección de movimiento, automáticamente los criterios en esa postura o movimiento se relajaran, dándole por bueno hasta donde el niño alcance para no generarle demasiada frustración y se procederá a realizar otro ejercicio. Por otra parte, si el niño alcanza el objetivo establecido por el fisioterapeuta, automáticamente se aumentará de forma muy progresiva el nivel de complejidad, con el fin de que logre nuevos retos.

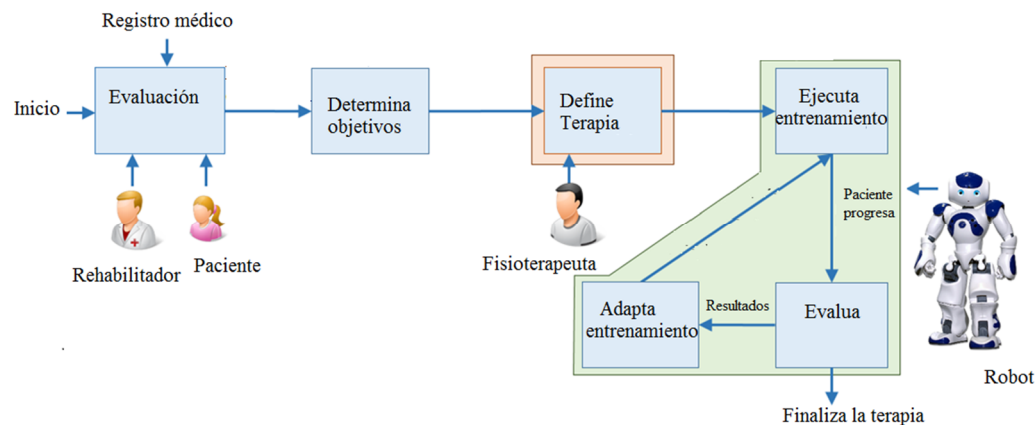
- RF014 Evolución del paciente: La plataforma registrará los diferentes ejercicios e hitos alcanzados por el paciente en cada sesión, de modo que mostrará de forma visual y numérica la evolución del paciente al terapeuta ocupacional.
- RF015 Esquema del paciente en tiempo real. La plataforma mostrará un esquema del niño en tiempo real junto con los hitos establecidos de rehabilitación de cada ejercicio, repetición, para que pueda analizar lo que está interpretando el robot.

A continuación se describen los requisitos no funcionales que el sistema robótico debe de cumplir:

- RNF001 Seguridad del paciente: La plataforma robótica no deberá mantener contacto físico con el usuario de manera que se eviten posibles lesiones en el paciente y/o plataforma robótica.
- RNF002 Batería: La plataforma robótica deberá de disponer de una capacidad de batería que le permita realizar la rehabilitación si necesidad de estar conectado a la fuente de alimentación.
- RNF003 Múltiples hardware: La plataforma robótica software se diseñará y desarrollará para que pueda ser implementada en diferentes robot (hardware) y no para una sola solución concreta.

### 3.3.3. Diseño del sistema

En base a la definición de arquetipos de usuarios, escenarios, detección de necesidades y sus relaciones con el entorno y tras la identificación de los requisitos funcionales y no funcionales que el sistema a diseñar debe de cumplir, se procede al diseño del sistema. El sistema a desarrollar es una plataforma robótica que servirá de asistente al fisioterapeuta en la rehabilitación motora personalizada de pacientes pediátricos con afectación en los miembros superiores. Asimismo, la plataforma proporcionará un sistema de evaluación y seguimiento de la evolución del paciente. Un esquema visual del sistema se puede observar en la Fig. 5.

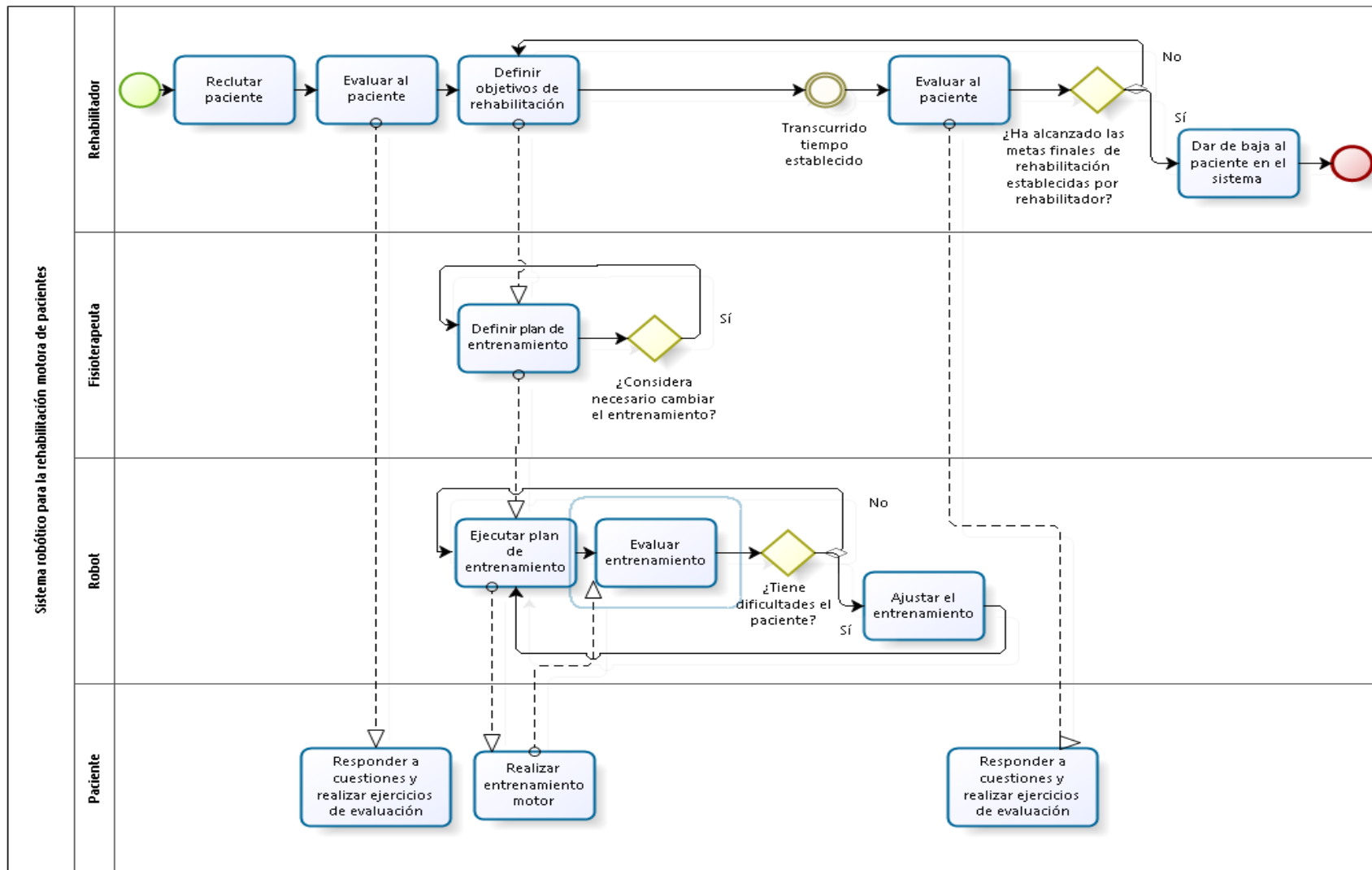


**Fig.5:** Esquema de sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente pediátrico.

De esta forma, para realizar la rehabilitación con el sistema diseñado, el paciente en una primera instancia, es evaluado en el hospital por el rehabilitador el cual indicará los objetivos de rehabilitación. En base a los objetivos indicados por el rehabilitador, el fisioterapeuta dará de alta al paciente en el sistema definiendo una serie de ejercicios preliminares centrados en los objetivos de rehabilitación indicados por los rehabilitadores. A continuación, el robot con la supervisión del fisioterapeuta realizará los ejercicios guiando y animando al paciente en el hospital. En caso de que el paciente no realice bien el ejercicio, le indicará como debe de hacerlo, mostrando incluso la postura que ha puesto el paciente y cuál sería la correcta para que pueda ver la diferencia. En caso de que el paciente haga bien el ejercicio, se pasará al siguiente con la posibilidad de que en la siguiente sesión se incremente de forma muy progresiva y automática la complejidad del ejercicio. En caso de que con las indicaciones, el paciente no pueda realizarlo porque tenga dificultad, al tercer intento el robot relajará las condiciones de forma automática y pasará al siguiente ejercicio. En cada sesión el fisioterapeuta podrá predefinir los ejercicios si lo considera oportuno. El registro de los ejercicios realizados, puntuaciones, tiempo y en definitiva la evolución del paciente estará disponible en la plataforma en la ficha asociado al paciente. Transcurridos dos meses, el paciente es evaluado y el rehabilitador puede definir unos nuevos objetivos de rehabilitación para que el terapeuta continúe trabajando en la rehabilitación motora del paciente. Cuando el rehabilitador lo considere oportuno por la evolución del niño, lo dará de alta del sistema de rehabilitación hospitalaria. En la Fig. 6 se muestra el modelado del diseño del sistema de rehabilitación utilizando BPMN y en el Anexo II se muestran imágenes de los diferentes prototipos hardware del sistema robótico diseñado.



### 3. Metodología



**Fig.6:** Diseño del sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente pediátrico.

## Capítulo 4 Diseño de los estudios pilotos

En este Capítulo se indican los estudios pilotos que fueron diseñados para la evaluación de cada uno de los sistemas desarrollados. Para ello, se definieron los diseños de los estudios, los criterios de inclusión y exclusión que tienen que cumplir los pacientes para poder participar en los estudios, así como las variables y test de medida que se utilizaron para la evaluación de los pacientes y por consiguiente para valorar las intervenciones y los sistemas.

### 4.1. Pilotaje del sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido

El pilotaje del sistema de telerehabilitación cognitiva se realizó en el Hospital Universitario Virgen del Rocío con pacientes y profesionales de la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación. El diseño del estudio se planteó cuasi-experimental, en donde se compararon dos grupos de pacientes uno experimental y otro control. Los pacientes participantes en el pilotaje de ambos grupos realizaron una rehabilitación de cuatro meses. A continuación, se describe el diseño del estudio piloto.

- Población diana. Se corresponde con el conjunto de individuos al que se van a generalizar los resultados de la investigación. En este caso, la población diana está formada por todos los pacientes con TCE y ACV que son atendidos en el Hospital Virgen del Rocío y que cumplen con los criterios de inclusión.
- Población del estudio. Esta población está formada por el conjunto de personas que participan propiamente en el estudio, es decir, la muestra del estudio y cuyos resultados serán extrapolados a la población diana. En este caso concreto, se incluyeron en el estudio todos los pacientes diagnosticados de TCE y ACV que ingresaron en la Unidad de Rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío y que cumplían los criterios que se exponen a continuación.

#### Criterios de inclusión/exclusión

Los criterios de inclusión que debían de reunir los pacientes para formar parte del estudio se detallan a continuación:

- Pacientes con ACV o TCE moderado y grave, según la definición realizada en base al tiempo de pérdida de conciencia, de amnesia postraumática y de la severidad de Escala de Glasgow Coma.

- Pacientes con TCE que presentan un nivel  $\geq 5$  de la escala de nivel de función cognitiva Rancho de los Amigos, al ser en estos estadios donde las metas específicas puede ser establecidas.
- Ser mayor de 18 años de edad y menor de 70 años.
- Ser admitido o valorado en la Unidad de Rehabilitación en los primeros 6 meses del evento.
- Clínicamente estable, para iniciar el tratamiento.
- Presentar capacidad de colaboración con el estudio.
- Disponer de cuidador o tutor que dé soporte a los pacientes para la realización del entrenamiento.
- Dar su consentimiento por escrito para su inclusión en el estudio.

Los criterios de exclusión para no ser incluidos en el estudio piloto fueron:

- Antecedentes previos de ACV, TCE y/o de enfermedad neurológica.
- Antecedentes de enfermedad psiquiátrica que imposibilite la colaboración.
- Pacientes que presenten déficit de comprensión verbal que le imposibilite la colaboración con el tratamiento.
- Pacientes que presenten déficit sensitivo y de percepción severo.
- Pacientes derivados a otra área de hospitalización, por un problema agudo sin retorno a la unidad de referencia en un periodo de tiempo de 30 días.
- No presentar por escrito el consentimiento informado de participar en el estudio.

Se consideró criterio de exclusión los antecedentes de enfermedad neurológica y/o psiquiátricos, al poder actuar como posible factor de confusión, lo que distorsionaría los resultados. Se excluyeron del estudio también a los pacientes mayores de 70 años, debido a que esta edad es considerada un factor de mal pronóstico funcional, pudiendo actuar también como factor de confusión.

### **Variables de medida**

Las variables que se analizaron en el estudio fueron:

- Socio-demográficas: edad, sexo.
- Previas a la lesión:
  - factores de riesgo cardiovascular: hipertensión arterial, diabetes mellitus, obesidad.
- Clasificación de severidad de la patología.
- Déficit neurológico: déficit motor, déficit sensitivo.
- Capacidad funcional.
- Déficit neurocognitivo.
- Satisfacción.

### Instrumentos de medida

Para realizar la medición de las variables anteriormente mencionadas y valorar la evolución del paciente se administraron los siguientes instrumentos de medición según la patología a tratar. En los pacientes con TCE se evaluó:

#### I Valoración de severidad:

- Escala de coma de Glasgow (CGS).

#### II Valoración de déficit cognitivo:

- Escala de nivel de función cognitiva Rancho de los Amigos (LCFS).
- Test de Mini examen cognoscitivo (MEC).
- Test Neuropsicológico breve:
  - o Digit SPAN.
  - o *Trail Making* Test.
  - o Memoria.
  - o Abstracción.
  - o Test de dibujo del reloj.

#### III Satisfacción:

- Mediante un cuestionario *ad hoc* desarrollado para evaluar satisfacción. (Anexo III).

En los pacientes con ACV los instrumentos de medida que se utilizaron fueron:

#### I Clasificación de ACV:

- Clasificación de Oxfordshire.

#### II Valoración de déficit cognitivo:

- Test de Mini examen cognoscitivo (MEC).
- Escala de Pfeiffer *Short Portable Mental Status Questionnaire*.

#### III Valoración del nivel de funcional:

- Medición de Independencia Funcional (FIM).

#### IV Satisfacción:

- Cuestionario *ad hoc*. (Anexo III).

En relación al cuestionario de satisfacción, la idea fue valorar la aceptación de la tecnología. Existen varios modelos para medir la aceptación de la tecnología, entre los que destaca el Modelo de Aceptación a la Tecnología TAM (*Technology Acceptance Model*) desarrollado por Davis (Davis, 1989) y David y col. (David et al, 1989), por ser un modelo efectivo y probado en predecir el uso de las tecnologías de la información y comunicación. El modelo TAM se usa para predecir el uso de las mismas como se ha indicado, pero basándose en dos características principales, la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida. La utilidad percibida se refiere al grado en el que una persona cree, que usando un sistema, mejorará la realización de un trabajo determinado. La facilidad de uso percibida pretende valorar hasta qué grado una persona cree, que

usando un sistema determinado, realizará menos esfuerzo para realizar sus tareas. Según Davis et al. (Davis et al, 1989) el objetivo del TAM es explicar las causas de aceptación de las tecnologías por los usuarios. En ese sentido, se considera que las percepciones de una persona en la utilidad percibida y facilidad de uso percibida de un sistema, son concluyentes para determinar su intención para usarlo. Según este modelo, existen variables externas que influyen directamente en la utilidad y la facilidad de uso percibida y de ahí que surgen diferentes variantes de TAM que incluyen diferentes dimensiones a valorar.

Para valorar el sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido, se diseñaron tres cuestionarios basados en el modelo TAM personalizados para los profesionales clínicos, los pacientes y familiares que hicieron uso de la aplicación diseñada. Para ello, las dimensiones que se identificaron fueron la utilidad percibida, la facilidad de uso, las condiciones facilitadoras, la relación social y la satisfacción global. Los cuestionarios se adjuntan en Anexo III. En la Tabla 9 se indican de forma resumida los ítems que se valoraron para cada una de las dimensiones indicadas, por cada uno de los perfiles planteados. Las casillas marcadas con *x* en la tabla son los ítems que se han valorado para cada perfil. Cada ítem se valoró en una escala del 1 al 5, siendo 1 el valor más negativo y 5 el más positivo, salvo la dimensión de relación social, el ítem de recomendación a otro paciente del uso de la aplicación, cuya escala fue del 1 al 3. Siendo 1 la respuesta más negativa y 3 la más positiva. Para cada ítem, además se incluyó en la valoración una casilla de no sabe o no contesta como se puede observar en el Anexo III.

**Tabla 9** Dimensiones e ítems valorados en los cuestionarios personalizados para cada perfil para la evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva diseñado.

Dimensión valorada	Aspecto			
		Paciente	Cuidador/familiar	Profesional sanitario
Utilidad Percibida	Mejora en la comunicación con el responsable del tratamiento rehabilitador/paciente	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
	Rehabilitación personalizada	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
	Reducción de desplazamientos al hospital	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
	Reducción de carga de trabajo	(cuidador) <i>x</i>		(asistencial) <i>x</i>
	¿Le ha ayudado a su familiar?		<i>x</i>	
	Motivación	<i>x</i>	<i>x</i>	
Facilidad de uso	Facilidad en el uso de la aplicación	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>

Condiciones facilitadoras	Funcionamiento correcto	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
	Calidad del soporte técnico	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
	Comodidad y atención por parte del profesional sanitario	<i>x</i>	<i>x</i>	
Social	Recomendación a otro paciente	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
Satisfacción global	Satisfacción global	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>

### **Diseño del estudio piloto**

#### **Grupo control**

Estos pacientes realizaron el entrenamiento cognitivo mediante las técnicas convencionales seguidas en la práctica diaria clínica. De esta forma, los pacientes pertenecientes a este grupo asistieron a las sesiones de entrenamiento con terapia ocupacional en el Hospital Universitario Virgen del Rocío. Las valoraciones clínicas se realizaron por los rehabilitadores, los cuales marcaron objetivos de rehabilitación. En función de los objetivos, los terapeutas ocupacionales diseñaron el plan Personalizado de Entrenamiento del Paciente (PEP). El sistema de entrenamiento utilizado fue el software Smartbrain. Smartbrain anteriormente ha sido utilizado por los terapeutas ocupacionales del hospital para la rehabilitación cognitiva de pacientes. Una vez que se definió el PEP, se citaron a los pacientes. Los pacientes realizaron cinco sesiones por semana de una duración de 30 a 45 durante cuatro meses y bajo la supervisión por parte del terapeuta ocupacional. En función de la evolución del paciente, el terapeuta modificaba el PEP. Los terapeutas ocupacionales al modificar el PEP cambiaban las actividades, pero manteniendo los objetivos de entrenamiento indicados por los rehabilitadores hasta la evaluación clínica del rehabilitador. Cada mes, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes mediante la administraron de los instrumentos de medida identificados en el punto anterior. En función de los resultados, los rehabilitadores podían modificar los objetivos de rehabilitación indicados. En caso de que éstos fueron modificados, los terapeutas diseñaron un nuevo PEP. Transcurridos cuatro meses, los pacientes fueron evaluados clínicamente y el estudio piloto finalizó.

#### **Grupo experimental**

Para los pacientes pertenecientes al grupo experimental, el primer paso fue, al igual que el grupo control, la valoración clínica por parte de los rehabilitadores en el hospital. Seguidamente, los terapeutas ocupacionales, siguiendo las indicaciones marcadas por los rehabilitadores diseñaron un PEP para cada uno de los pacientes. El programa de entrenamiento que se usó en la aplicación de mHealth durante el pilotaje fue también Smartbrain, en lugar de las fichas propias de entrenamiento, para equiparar

ambos grupos en la medida de lo posible y así poder valorar la diferencia respecto a realizar el entrenamiento en el hospital o a través de la aplicación de mHealth diseñada.

Los terapeutas ocupacionales formaron *in situ* a cada paciente y familiares en el programa de telerehabilitación cognitiva mHealth, en Smartbrain y en el uso de la tablet. Tras dicha formación, los pacientes se marcharon del hospital y continuaron realizando el PEP prescrito fuera del ámbito hospitalario (en su domicilio o lugar que considere) mediante la aplicación mHealth diseñada. Para ello, se programó que cada paciente realizara cinco sesiones por semana con una duración de entre 30 a 45 minutos durante cuatro meses.

Como se ha mencionado, el PEP se realizará con el sistema interactivo Smartbrain. Los datos generados en cada sesión de entrenamiento se registraron en el programa y los terapeutas ocupacionales desde el hospital lo consultaron y realizaron el seguimiento de los mismos, para evaluar la evolución de cada paciente, evitando por tanto el desplazamiento del paciente.

En caso de que los datos registrados mostraron alguna anomalía, los terapeutas ocupacionales contactaron con estos pacientes para conocer el motivo. Si la dificultad estaba relacionada con problemas técnicos, los terapeutas ocupacionales contactaban con el servicio de soporte técnico, los cuales resolvían los problemas detectados. Por otro lado, también el paciente podría presentar otras dificultades como falta de comprensión de las indicaciones aportadas al paciente o considerar elevada dificultad para éste. En ambos casos, los terapeutas ocupacionales contactaban con los pacientes mediante videoconferencia para aclarar las cuestiones y, una vez resueltas, el entrenamiento prescrito se continuó con normalidad.

Las valoraciones clínicas mediante videoconferencia se realizaron en el primer, segundo y tercer mes del estudio. En ellas, los rehabilitadores realizaron una revisión periódica de los pacientes para realizar el seguimiento del mismo. Dichas videoconferencias quedaron registradas, así como valoraciones o indicaciones, por lo que posteriormente los rehabilitadores así como los terapeutas ocupacionales que tengan asignado a ese paciente podrán acceder a las mismas y analizarlas.

El tiempo establecido para el pilotaje fue de cuatro meses. Transcurrido dicho tiempo, los pacientes acudieron a la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío, con el fin de que dichos profesionales realizaran la última valoración clínica de los pacientes *in situ*, administrando para ello los mismos instrumentos que en las valoraciones anteriores se administraron. Tras dicha evaluación, finalizó para los pacientes el estudio de pilotaje.

Finalmente tras el pilotaje, se procedió al análisis estadístico de las variables recogidas en el estudio, lo cual permitió conocer los resultados y conclusiones del mismo y verificar si se han cumplido con los objetivos establecidos en la Tesis.

### **4.2. Pilotaje del sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente con PCI y PBO**

Previa a la realización del pilotaje se realizó un estudio pre-piloto para evaluar aspectos técnicos y de usabilidad de la tecnología desarrollada. En ese sentido, en una primera instancia se probó con alumnos de colegio. A continuación, se realizaron pruebas de usabilidad con pacientes del Hospital Universitario Virgen del Rocío. En estos pre-pilotos se evaluaron:

- La interacción social y presencia del robot.
- La actitud y comportamiento de los niños.
- El rendimiento y la realización de los ejercicios.
- La usabilidad del prototipo.

Dichas pruebas de evaluación técnica y usabilidad se recogen en el Anexo II. Tras esta evaluación se procedió a realizar el pilotaje. El pilotaje del sistema se realizó en el Hospital Universitario Virgen del Rocío con pacientes y profesionales de la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación. Para el diseño del estudio, se detectó que era muy complicado agrupar a pacientes con características similares en ambos grupos por la gran casuística de las patologías de los pacientes, así como por las terapias adicionales y diferentes que realizan estos pacientes. En ese sentido, el diseño del estudio se planteó como un ensayo clínico cruzado, en donde los niños participantes en el grupo experimental serían sus propios controles. Para ello, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes y a continuación se incluyeron en el grupo control durante dos meses de duración. Tras los dos meses, los rehabilitadores evaluaron de nuevos a los pacientes y a continuación éstos se incluyeron en el grupo experimental realizando un entrenamiento de dos meses con el robot. Transcurridos los dos meses, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes y el estudio piloto finalizó. Entre la intervención del grupo control y del grupo experimental no hubo periodo de lavado, debido a que no se consideró necesario, ya que se disponía de la evaluación previa y final de cada paciente para cada intervención. A continuación, se describe el diseño del estudio piloto.

- Población diana. La población diana estaba formada por todos los pacientes con PCI y PBO que son atendidos en el Hospital Virgen del Rocío y que cumplen con los criterios de inclusión.



- Población del estudio. Esta población se incluyeron todos los pacientes diagnosticados de PCI y PBO que ingresaron en la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío durante el pilotaje y que cumplieron los criterios que se exponen a continuación.

### **Criterios de inclusión/exclusión**

Los criterios de inclusión que se definieron para que los pacientes se incluyeran en el piloto fueron:

- Pacientes con PCI o PBO.
- Pacientes con una edad comprendida entre 3 a 10 años.
- Ser admitido o valorado en la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío.
- Clínicamente estable, para iniciar el tratamiento.
- Presentar capacidad de colaboración con el estudio.
- Sus padres o sus cuidadores den su autorización para participar en el estudio, firmando el consentimiento informado.

Los criterios de exclusión que impidieron la participación de los pacientes en el estudio piloto fueron:

- Dificultades visuales.
- Dolor que imposibilita la realización de ejercicios.
- Que el paciente tenga otras patologías neurológicas asociadas.
- Que los padres o cuidadores no presenten por escrito el consentimiento informado de participar en el estudio.

### **Variables de medida**

Las variables que se analizaron en el estudio fueron:

- Socio-demográficas: edad, sexo.
- Patología.
- Función motora del miembro superior.
- Destreza manual.
- Número de sesiones
- Duración de las sesiones.
- Usabilidad y satisfacción.

### **Instrumentos de medida**

Para realizar la medición de las variables anteriormente mencionadas y valorar la evolución del paciente, se administraron los siguientes instrumentos de medición:

### I Función motora:

- Escala motora de Mallet. Aunque esta escala está indicada para pacientes con PBO, existe una amplia bibliografía en donde se utiliza para evaluar la movilidad en general del miembro superior, es por ello que también se administró a pacientes con PCI.
- Escala motora Quest. Sólo para los pacientes con PCI.

### II Destreza manual:

- *Nine hole peg test.*

### III Satisfacción y usabilidad:

- Cuestionario *ad hoc* (Anexo IV).

En relación al cuestionario de satisfacción y usabilidad, se diseñaron tres cuestionarios específicos para los pacientes, familiares y profesionales clínicos. Los cuestionarios se adjuntan en Anexo IV). Los cuestionarios se diseñaron para valorar aspectos de una forma cuantitativa y otra cualitativa. La parte cuantitativa de la encuesta se diseñó mediante el modelo TAM en donde se analizan las dimensiones de utilidad percibida, facilidad de uso, condiciones facilitadoras y empatía o interacción social. Los ítems que se valoraron en cada una de las dimensiones y para cada uno de los perfiles se indican en la Tabla 10 mediante una  $x$ . Para la obtención de la información de la parte cualitativa, se sigue la metodología de entrevista semiestructurada, en donde las cuestiones a preguntar se definieron a priori y las preguntas planteadas se formulan abiertas, dando la posibilidad de que al entrevistado pueda proporcionar más matices. Las preguntas formuladas en la parte cualitativa de la entrevista para cada perfil se indican en la Tabla 11 mediante una  $x$ . El cuestionario se administró a los pacientes y familiares tres veces; al inicio de ser incluidos en el grupo experimental, en concreto tras dos días de trabajar con el robot, al mes y al finalizar, al transcurrir los dos meses. A los profesionales se les administró al finalizar el pilotaje, es decir tras finalizar la intervención con el grupo experimental, con el fin de que hicieran una valoración global del sistema.

**Tabla 10** Dimensiones e ítems valorados en la parte cuantitativa de los cuestionarios personalizados para cada perfil para la evaluación del sistema de rehabilitación robótica diseñado.

Dimensión valorada	Aspecto	Paciente	Cuidador/ Familiar	Profesional sanitario
Utilidad Percibida	Si cree que le ayuda	$x$	$x$ (paciente)	$x$
	Si el paciente realiza los ejercicios mejor que al empezar el tratamiento con el robot		$x$	$x$
Facilidad de uso	Si se agobia con el robot	$x$	$x$ (paciente)	$x$
	Si los ejercicios son	$x$	$x$	$x$

## 4. Diseño de los estudios pilotos

	aburridos			
Condiciones facilitadoras	Funciona correctamente	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
Empatía/ Interacción social	Le gusta el robot	<i>x</i>	<i>x</i> (paciente)	<i>x</i>
	Si se siente motivado el paciente para venir al hospital a trabajar con el robot		<i>x</i>	
	Si le gustaría llevárselo a casa	<i>x</i>	<i>x</i>	
	Si cree que puede verle	<i>x</i>		

**Tabla 11** Preguntas realizadas en la parte cualitativa de los cuestionarios personalizados para cada perfil para la evaluación del sistema de rehabilitación robótica diseñado.

Preguntas	Paciente	Cuidador/familiar	Profesional sanitario
¿Te gustaría que el robot pudiese hacer algo que no haga ahora? ¿Qué cosas?	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
¿Qué parte de los ejercicios te gusta más?	<i>x</i>		
¿Qué parte de los ejercicios te resulta más difícil	<i>x</i>		
¿Ha notado que su hijo/paciente haga algún movimiento que antes no podía hacer o ahora lo hace mejor? Si es sí, explíqueme cuales:		<i>x</i>	<i>x</i>
Si este robot estuviera disponible. ¿Le gustaría seguir participando?		<i>x</i>	
Si este robot estuviera disponible, ¿Le gustaría que los pacientes continúen con esta terapia?			<i>x</i>

### Diseño del estudio piloto

#### Grupo control

Los pacientes pertenecientes al grupo control realizaron el entrenamiento motor convencional que se realiza en el Hospital Universitario Virgen del Rocío. Para ello, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes y definieron en función de las necesidades del paciente, los objetivos de rehabilitación. Con los objetivos de rehabilitación, el fisioterapeuta diseñó el plan personalizado de entrenamiento consistente en la repetición de ejercicios motores, estimulando y reforzando los aspectos indicados por los rehabilitadores. Las sesiones de rehabilitación se programaron para que los pacientes acudieran dos veces por semana al hospital. La duración de las sesiones fue de una duración promedio de 30 minutos. El entrenamiento se realizó durante 2 meses. Los rehabilitadores evaluaron al paciente al inicio y al final del entrenamiento, es decir transcurridos los 2 meses.

### **Grupo experimental**

Los pacientes pertenecientes a este grupo realizaron el entrenamiento usando la plataforma robótica. Para ello, dado que los pacientes de ambos grupos son los mismos, la evaluación final de los pacientes del grupo control se consideró la evaluación inicial de la intervención en el grupo experimental. En la evaluación realizada por los rehabilitadores, se indicaron además de la evaluación, los objetivos de rehabilitación a entrenar. Los fisioterapeutas con los objetivos indicados por los rehabilitadores, diseñaron fichas personalizadas de los pacientes en la plataforma robótica con las pautas y ejercicios de rehabilitación a realizar para cada paciente. A continuación, los pacientes realizaron la rehabilitación motora con la plataforma robótica y bajo la supervisión de los fisioterapeutas. La plataforma robótica disponía de una batería de ejercicios motores programados y en función de la evolución del paciente complejizaba o relajaba el entrenamiento de forma automática. El robot antes de realizar cada ejercicio le indicaba al paciente cómo debía de hacerlo. En caso de que el paciente no realizaba correctamente el ejercicio, replicaba el movimiento o postura del paciente y le mostraba la diferencia. Si tras explicarle el movimiento el paciente seguía sin poderlo hacer, cambiaba de ejercicio. El ejercicio descartado se volvería a realizar con el paciente, pero con condiciones más relajadas y conforme lograba realizarlo el grado de dificultad aumentaba.

Las sesiones de rehabilitación se programaron para que los pacientes acudieran dos veces por semana al hospital. La duración de las sesiones fue de una duración promedio de 30 minutos. El entrenamiento se realizó durante dos meses. Tras finalizar los dos meses de entrenamiento, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes.

Finalmente tras el pilotaje, se procedió al análisis estadístico de las variables recogidas en el estudio, lo cual permitió valorar el sistema de rehabilitación robótico diseñado.

## Capítulo 5 Resultados

En el presente Capítulo se describen los resultados obtenidos tras el pilotaje de ambos sistemas, teniendo en cuenta los diseños de los estudios, así como variables e instrumentos de medida definidos en el Capítulo anterior para cada uno de los sistemas. El Comité de Ética del Hospital Universitario Virgen del Rocío aprobó la realización de los pilotajes de ambos sistemas. En los mismos, se cumplieron la declaración de Helsinki, así como por la Ley Orgánica de Protección de Datos de carácter personal (LOPD) 15/1999 del 13 de Diciembre y otras leyes vigentes en cuanto a protección de datos se refiere.

### 5.1. Evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido

En el estudio piloto se reclutaron a 8 pacientes del Hospital Universitario Virgen del Rocío con TCE, 4 pertenecientes al grupo control y 4 al grupo experimental. La asignación de cada paciente a cada grupo fue de forma aleatoria. El pilotaje de cada paciente fue de cuatro meses. Los pacientes del grupo control recibieron el tratamiento cognitivo convencional acudiendo al Hospital Universitario Virgen del Rocío. Los pacientes del grupo experimental realizaron el entrenamiento cognitivo mediante la plataforma de telerehabilitación cognitiva desde sus domicilios. En la Tabla 12, se indican los datos demográficos, los agentes causantes de la lesión y los niveles de severidad de los pacientes de ambos grupos.

**Tabla 12** Datos demográficos, agente causante de daño y valoración inicial del grupo experimental y control.

Variables	Grupo Experimental (N=4)	Grupo Control (N=4)
Edad	26,7±11,1	47,7±9,63
Sexo	Hombre (75%) Mujer (25%)	Hombre (75%) Mujer (25%)
Agente causante del daño	75% Accidente de tráfico 25% Precipitación	75% Accidente de tráfico 25% Precipitación
Severidad según Glasgow (media ± desviación estándar)	7,2 ± 3,9 Moderado (25%) Severo (75%)	7,7±0 Moderado (25%) Severo (75%)

Como se puede observar en la Tabla 12, la edad promedio de los pacientes pertenecientes al grupo experimental fue de 26,7, frente a la edad promedio de los pacientes pertenecientes al grupo control que fue de 47,7. Ambos grupos lo conformaban 75% hombres y el 25% mujeres. También el agente causante del daño en ambos grupos fue un 75% provocado por accidentes de tráfico y un 25% por precipitación. La severidad según la escala de Glasgow para el grupo control fue de 7,7 y para el experimental de 7,2. Por estos datos, se puede decir que ambos grupos inician el entrenamiento cognitivo con características muy similares.

En la Tabla 13 se indican los valores de las escalas de medida utilizadas al inicio y al finalizar el entrenamiento, es decir, transcurridos los cuatro meses para ambos grupos, control y experimental.

**Tabla 13** Medidas clínicas. Los valores en la tabla representan el valor medio  $\pm$  la desviación estándar.

Medidas clínicas	Grupo Experimental (N=4)		Grupo control (N=4)	
	Basal	Después del tratamiento	Basal	Después del tratamiento
Rancho de los amigos (LCFS)				
VI	25%			
VII	50%	25%	100%	25%
VIII	25%	75%		75%
Test Minimental MEC	26,2 $\pm$ 5,1	32,2 $\pm$ 2,5	22,7 $\pm$ 0,5	29,5 $\pm$ 6,0
Test Neuropsicológico breve				
Digit Span	4,6 $\pm$ 2,8	7,0 $\pm$ 2,0	3,7 $\pm$ 1,5	4,5 $\pm$ 3,0
Trial making Test B (memoria, atención sostenida y flexibilidad cognitiva)	77,5 $\pm$ 15	25,4 $\pm$ 24,4	77,5 $\pm$ 15	45 $\pm$ 28,7
Memoria de trabajo	9,5 $\pm$ 1,9	14,3 $\pm$ 11	10,2 $\pm$ 13,3	16,75 $\pm$ 13,5
Abstracción	4,5 $\pm$ 1,9	5,5 $\pm$ 1,0	3 $\pm$ 2,0	3,2 $\pm$ 1,5
Test del reloj	6,5 $\pm$ 3,8	8 $\pm$ 2,3	4,7 $\pm$ 3,7	5,7 $\pm$ 4,9

En la Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos en relación a la aceptación de la tecnología usando el método TAM, obtenidos a partir de los cuestionarios administrados a los pacientes, cuidadores/familiares y profesionales sanitarios que participaron en el pilotaje. En esta tabla se recogen los resultados de las encuestas adjuntadas en Anexo III), realizadas a los 4 pacientes y a sus 4 familiares/cuidadores que participaron en el grupo experimental y a los 4 médicos participantes, 2 médicos rehabilitadores y 2 terapeutas ocupacionales. Los valores en la tabla representan el valor medio  $\pm$  la desviación estándar. Los ítems fueron valorados del 1 al 5, salvo el ítem de

recomendación a otro paciente cuya escala fue del 1 al 3, siendo 1 la valoración menos positiva y 5 y 3, respectivamente, la más positiva. Las celdas sombreadas en la tabla representan los aspectos que no se valoraron para ese perfil.

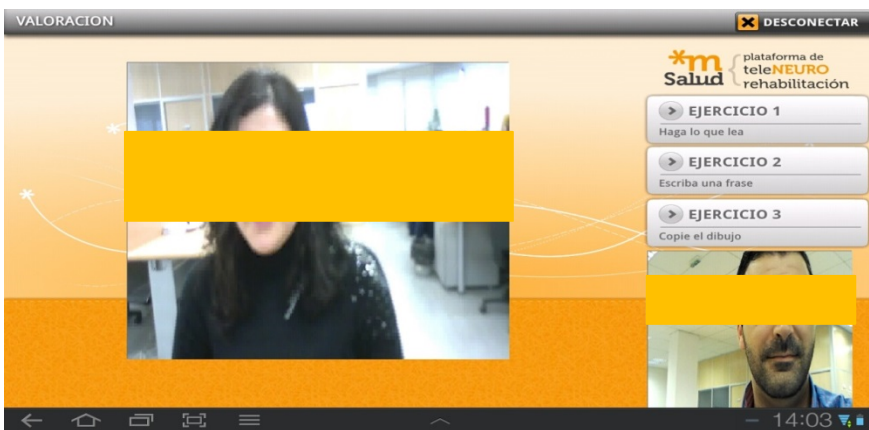
**Tabla 14** Resultados obtenidos de la evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva por cada perfil a través de los cuestionarios personalizados. Los valores en la tabla representan el valor medio  $\pm$  la desviación estándar.

<b>Dimensión valorada</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Paciente</b>	<b>Cuidador/ familiar</b>	<b>Profesional sanitario</b>
Utilidad Percibida	Mejora en la comunicación con el responsable del tratamiento rehabilitador/paciente.	3,67 $\pm$ 1,53	4,00 $\pm$ 0,00	3,75 $\pm$ 0,50
	Rehabilitación personalizada.	4,67 $\pm$ 0,58	4,00 $\pm$ 1,00	4,00 $\pm$ 0,00
	Reducción de desplazamientos al hospital	4,67 $\pm$ 0,58	5,00 $\pm$ 0,00	4,5 $\pm$ 0,58
	Reducción de carga trabajo	4,33 $\pm$ 0,58		3,5 $\pm$ 0,58
	¿Le ha ayudado a su familiar?		4,33 $\pm$ 1,15	
	Motivación	3,67 $\pm$ 1,53	3,67 $\pm$ 0,58	
Facilidad de uso	Facilidad en el uso de la aplicación	4,33 $\pm$ 0,58	4,33 $\pm$ 0,58	4,00 $\pm$ 0,00
Condiciones facilitadoras	Funcionamiento correcto	4,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,00	3,50 $\pm$ 0,58
	Calidad del soporte técnico.	4,67 $\pm$ 0,58	4,00 $\pm$ 0,00	5,00 $\pm$ 0,00
	Comodidad y atención por parte del profesional sanitario	4,33 $\pm$ 1,15	3,67 $\pm$ 0,58	
Social	Recomendación a otro paciente	3,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,00
Satisfacción global	Satisfacción global	4,00 $\pm$ 0,00	4,33 $\pm$ 0,58	4,25 $\pm$ 0,50

En la Fig. 7 se puede visualizar a una terapeuta ocupacional del Hospital Universitario Virgen del Rocío revisando los ejercicios que un paciente ha realizado con la aplicación de MHealth. En la Fig. 8 y 9 se muestran imágenes de un paciente y un rehabilitador realizando una videoconferencia mediante la aplicación mHealth. En concreto, en la Fig. 8 se muestra la vista de la aplicación móvil que observa el paciente cuando realiza la videoconferencia desde su domicilio. En la Fig. 9 se muestra la vista de la aplicación web de mHealth que observa el rehabilitador. El rehabilitador durante la videoconsulta evalúa al paciente usando los instrumentos de medida indicados, en este caso concreto, el rehabilitador está utilizando la escala MEC como se puede observar en la imagen.



**Fig.7:** Terapeuta ocupacional del Hospital Universitario Virgen del Rocío utilizando la aplicación diseñada y evaluando los ejercicios realizados por un paciente con la aplicación mHealth en su domicilio.



**Fig.8:** Vista del paciente de la aplicación de telerehabilitación durante videoconferencia.



**Fig.9:** Vista del rehabilitador realizando una evaluación al paciente mediante videoconferencia implementada en la aplicación diseñada de telerehabilitación.



## 5.2. Evaluación del sistema robótico para la rehabilitación motora de pacientes con PCI y PBO

El estudio piloto se realizó usando la plataforma software desarrollada y la solución comercial hardware del robot Nao. Los diferentes prototipos del robot desarrollados y las pruebas técnicas y de usabilidad realizadas hasta la puesta a punto para el pilotaje con pacientes en el hospital se indican en el Anexo II. Para la realización del pilotaje se reclutaron a 8 pacientes pediátricos del Hospital Universitario Virgen del Rocío con PCI y PBO. Como se indicó en el apartado 4.2, se realizó un ensayo clínico cruzado, en donde los pacientes del grupo experimental tenían como controles a ellos mismos. Para ello, los dos primeros meses los pacientes participaron en el grupo control y realizaron su rehabilitación convencional, a continuación pasaron al grupo experimental, en donde entrenaron con la plataforma robótica durante otros dos meses. En la Tabla 15 se indican los datos demográficos y las patologías causantes de la lesión.

**Tabla 15** Datos demográficos y agente causante del daño.

Variables	Valor
Edad (valor medio $\pm$ desviación estándar)	6,87 $\pm$ 2,42
Sexo	3 Niñas (37,5%), 5 Niños (62,5%)
PBO izquierda	5 (62,5%)
PBO derecha	1 (12,5%)
PCI Izquierda	1 (12,5%)
PCI derecha	1 (12,5%)

En la Tabla 16 se indican para cada paciente, la patología, el número de sesiones y la duración promedio de las sesiones durante los dos meses que los pacientes participaron en el grupo experimental.

**Tabla 16** Número de sesiones de rehabilitación con plataforma robótica y duración de las mismas.

Paciente	Patología	Nº. sesiones	Duración (minutos)
1	PBO Izq.	15	19,46 $\pm$ 2,19
2	PCI Izq.	15	24,64 $\pm$ 3,24
3	PBO Izq.	15	22,26 $\pm$ 2,25
4	PBO Izq.	7	28,85 $\pm$ 2,47
5	PBO Izq.	14	24,92 $\pm$ 3,31
6	PBO Der.	8	23,5 $\pm$ 4,62
7	PBO Izq.	6	25,16 $\pm$ 4,87
8	PCI Der.	13	24,84 $\pm$ 2,51
Media $\pm$ desviación		11,62 $\pm$ 3,93	24,00 $\pm$ 2,71

En la última fila de la Tabla 16, se puede observar que el número de sesiones medias por paciente en los dos meses que participaron en el grupo experimental fue de 11,62 con una duración en promedio de las sesiones de 24 minutos.

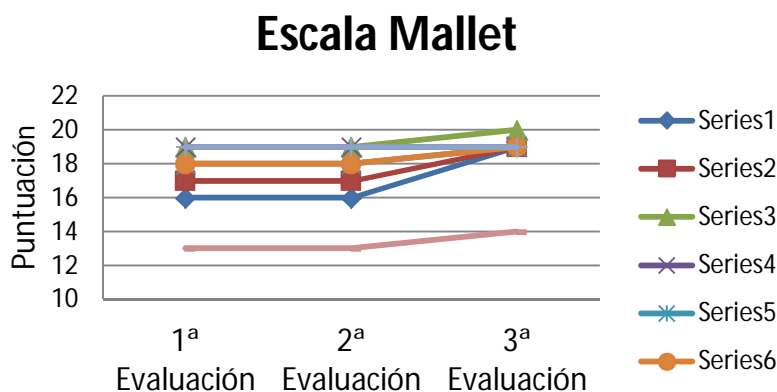
En relación a las escalas clínicas como se indicó en el apartado 4.2, los instrumentos de medida se administraron 3 veces, la primera al inicio del grupo control, la segunda tras finalizar el grupo control, momento coincidente con el inicio en el grupo experimental y la tercera evaluación al finalizar el tratamiento rehabilitador en el grupo experimental.

Comenzando por la valoración de la función motora, los resultados obtenidos en la escala Mallet se indican en la Tabla 17. Este instrumento de medida mide la abducción activa, rotación externa, el movimiento de la mano a la cabeza, a la espalda y a la boca. Esta escala puntúa del 1 al 25, siendo 1 la puntuación mínima y 25 la máxima.

**Tabla 17** Resultados obtenidos en escala Mallet en la 1º, 2º y 3º evaluación.

Paciente	1º Evaluación	2º Evaluación	3º Evaluación	Diferencia entre 2º y 3º evaluación
1	16	16	19	+3
2	17	17	19	+2
3	19	19	20	+1
4	19	19	19	0
5	18	18	19	+1
6	18	18	19	+1
7	19	19	19	0
8	13	13	14	+1
Media±desviación	17,38±2,07	17,38±2,07	18,50±1,85	1,13±0,99

La Fig. 10 muestra de forma visual los resultados de la escala Mallet.



**Fig.10:** Resultados escala Mallet de 1ª, 2ª y 3ª evaluación para cada paciente, en donde cada serie representa a un paciente diferente.

Los resultados obtenidos en la escala motora Quest, indicada sólo para los pacientes con PCI, se indican en la Tabla 18.

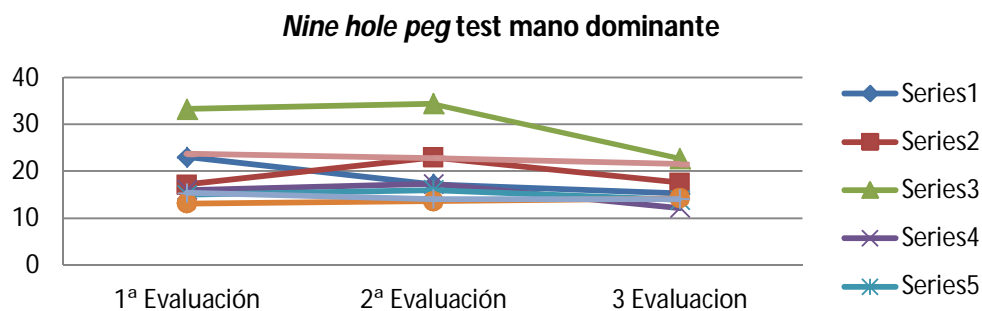
**Tabla 18** Resultados obtenidos en escala Quest en la 1ª, 2ª y 3ª evaluación.

Paciente	1º Evaluación	2º Evaluación	3º Evaluación	Diferencia entre 2º y 3º evaluación
2	45,12	45,12	48,00	+2,88
8	41,09	41,09	41,48	+0,39
Media±desviación	43,11±2,85	43,11±2,85	44,74±4,61	+1,64±1,76

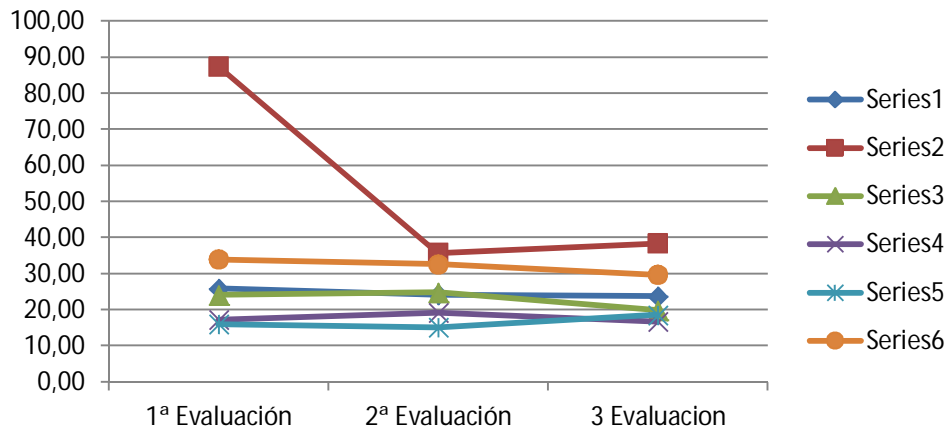
En relación a la destreza manual, en la Tabla 19 se muestran los resultados del *Nine hole peg test*. En este test se mide el tiempo que tarda el paciente en introducir nueve elementos de tamaños diferentes en nueve agujeros. En esta prueba se mide la mano dominante, es decir la que no presenta ninguna afectación y la mano no dominante y se comparan los resultados. Hay que resaltar que dos pacientes que no pudieron realizar el test de la mano no dominante debido a su afectación, en concreto el paciente 2 y 8. En las Fig. 11 y 12 se representan gráficamente los resultados de la Tabla 19.

**Tabla 19** Resultados obtenidos en *Nine hole peg test* en la 1ª, 2ª y 3ª evaluación.

Paciente	1ª Evaluación		2ª Evaluación		3ª Evaluación		Diferencia 1ª-2ª		Diferencia 2ª-3ª	
	D	ND	D	ND	D	ND	D	ND	D	ND
1	23,01	25,85	17,21	24,16	15,21	23,74	-5,80	-1,69	-2,00	-0,42
2	17,17	-	22,94	-	17,58	-	+5,77	-	-5,36	-
3	33,23	87,4	34,43	35,65	22,71	38,3	+1,20	-51,75	-11,72	2,65
4	15,98	24,01	17,29	24,74	12,17	19,75	+1,31	+0,73	-5,12	-4,99
5	14,98	17,18	15,96	19,19	13,87	16,67	+0,98	+2,01	-2,09	-2,52
6	13,11	15,98	13,63	15,11	14,22	18,52	+0,52	-0,87	+0,59	+3,41
7	15,36	33,87	14,05	32,59	14,05	29,68	-1,31	-1,28	0,00	-2,91
8	23,66	-	22,81	-	21,49	-	-0,85	-	-1,32	-



**Fig.11:** Resultados escala *Nine hole peg test* de mano dominante de cada paciente. Cada color/serie representa a un paciente

*Nine hole peg test* mano no dominante

**Fig.12:** Resultados escala *Nine hole peg test* de mano no dominante de cada paciente. Cada color/serie representa a un paciente.

Finalmente, en relación a la satisfacción de los pacientes, en las Tablas 20, 21, 22 y 23 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de pacientes tras administrarle el cuestionario indicado en Anexo IV perfil paciente de las diferentes dimensiones cuantitativas valoradas en la primera evaluación del sistema, es decir dos días tras entrenar con la plataforma robótica, al mes del entrenamiento y al finalizarlo, es decir transcurrido los dos meses. En las tablas 20 a 23, se resalta en negrita la puntuación más alta, si el paciente ha cambiado alguna puntuación en las diferentes evaluaciones y el valor en promedio más alto para cada ítem valorado en las tres evaluaciones realizadas.

**Tabla 20** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión utilidad percibida, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Paciente	1ª Evaluación	2ª Evaluación	3ª Evaluación
Si cree que le ayuda	1	5	5	5
	2	5	5	5
	3	3	4	<b>5</b>
	4	5	5	5
	5	5	5	5
	6	3	3	3
	7	4	4	4
	8	4	4	<b>5</b>
Promedio $\pm$ desviación estándar		4,25 $\pm$ 0,89	4,38 $\pm$ 0,74	<b>4,63<math>\pm</math>0,74</b>

**Tabla 21** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión facilidad de uso, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Paciente	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
		Evaluación	Evaluación	Evaluación
Si se agobia	1	5	5	5
	2	2	2	<b>3</b>
	3	5	5	5
	4	5	5	5
	5	<b>4</b>	3	3
	6	4	4	<b>5</b>
	7	3	3	<b>4</b>
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		4,13±0,74	4,00±1,20	<b>4,38±0,92</b>
Ejercicios aburridos	1	<b>5</b>	4	<b>5</b>
	2	5	5	5
	3	5	5	5
	4	5	5	5
	5	5	5	5
	6	5	5	5
	7	5	5	5
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		<b>5,00±0,00</b>	4,88±0,35	<b>5,00±0,00</b>

**Tabla 22** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión condiciones facilitadoras, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Paciente	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
		Evaluación	Evaluación	Evaluación
Funciona correctamente	1	<b>5</b>	3	4
	2	5	5	5
	3	4	2	<b>5</b>
	4	<b>5</b>	4	3
	5	<b>4</b>	3	3
	6	4	4	4
	7	5	5	5
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		<b>4,63±0,52</b>	3,88±1,13	4,25±0,89

**Tabla 23** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión empatía/interacción social, valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Paciente	1 <sup>a</sup> Evaluación	2 <sup>a</sup> Evaluación	3 <sup>a</sup> Evaluación
Le gusta el robot	1	4	3	<b>5</b>
	2	5	5	5
	3	3	<b>5</b>	<b>5</b>
	4	5	5	5
	5	5	5	5
	6	<b>5</b>	<b>5</b>	4
	7	3	<b>4</b>	<b>4</b>
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		4,38±0,92	4,63±0,74	<b>4,75±0,46</b>
Si le gustaría llevárselo a casa	1	5	5	5
	2	<b>5</b>	4	3
	3	4	4	<b>5</b>
	4	5	5	5
	5	3	4	<b>5</b>
	6	5	5	5
	7	5	5	5
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		4,63±0,74	4,63±0,52	<b>4,75±0,71</b>
Si cree que puede verle	1	5	5	5
	2	<b>4</b>	3	3
	3	5	5	5
	4	5	5	5
	5	3	3	<b>5</b>
	6	5	5	5
	7	5	5	5
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		4,63±0,74	4,50±0,93	<b>4,75±0,71</b>

En las Tablas 24, 25, 26 y 27 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de los familiares de los pacientes que han participado en el entrenamiento motor con la plataforma robótica en las diferentes dimensiones cuantitativas valoradas indicadas en el cuestionario adjuntado en el Anexo IV perfil familiar/cuidador, en la primera, segunda y tercera evaluación del sistema. En las tablas 24 a 27, se resalta en negrita la puntuación más alta, si el paciente ha cambiado alguna puntuación en las diferentes evaluaciones y el valor en promedio más alto para cada ítem valorado en las tres evaluaciones realizadas.

**Tabla 24** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión utilidad percibida, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Familiar	1 <sup>a</sup> Evaluación	2 <sup>a</sup> Evaluación	3 <sup>a</sup> Evaluación
Si cree que le ayuda	1	5	5	5
	2	5	5	5
	3	3	4	4
	4	5	5	5
	5	5	5	5
	6	4	4	4
	7	3	3	4
	8	4	4	4
Promedio ± desviación estándar		4,25±0,89	4,38±0,74	<b>4,50±0,53</b>
Realiza mejor ejercicios	1	5	5	5
	2	3	4	5
	3	5	5	3
	4	4	5	5
	5	5	5	5
	6	3	3	3
	7	4	4	5
	8	3	3	5
Promedio ± desviación estándar		4,00±0,93	4,25±0,89	<b>4,50±0,93</b>

**Tabla 25** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión facilidad de uso, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Familiar	1 <sup>a</sup> Evaluación	2 <sup>a</sup> Evaluación	3 <sup>a</sup> Evaluación
Si se agobia	1	3	3	5
	2	4	4	5
	3	5	5	3
	4	5	5	5
	5	3	4	5
	6	3	3	3
	7	3	3	5
	8	5	5	5
Promedio ± desviación estándar		3,88±0,99	4,00±0,93	<b>4,50±0,93</b>
Ejercicios aburridos	1	4	4	4
	2	5	5	5
	3	5	5	5
	4	3	4	3
	5	4	5	5
	6	3	3	3
	7	3	3	4
	8	4	4	4
Promedio ± desviación estándar		3,88±0,83	<b>4,13±0,83</b>	<b>4,13±0,83</b>

**Tabla 26** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión condiciones facilitadoras, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Familiar	1 <sup>a</sup> Evaluación	2 <sup>a</sup> Evaluación	3 <sup>a</sup> Evaluación
Funciona correctamente	1	4	4	4
	2	5	5	5
	3	2	2	<b>5</b>
	4	3	3	3
	5	<b>5</b>	<b>5</b>	4
	6	4	4	4
	7	5	5	5
	8	3	<b>4</b>	3
Promedio ± desviación estándar		3,88±1,13	4,00±1,07	<b>4,13±0,83</b>

**Tabla 27** Resultados de la evaluación del sistema de rehabilitación robótico en la dimensión empatía/interacción social, valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Familiar	1 <sup>a</sup> Evaluación	2 <sup>a</sup> Evaluación	3 <sup>a</sup> Evaluación
Le gusta el robot	1		3	<b>4</b>
	2		<b>5</b>	4
	3		2	<b>4</b>
	4		4	4
	5		3	<b>5</b>
	6		<b>5</b>	<b>5</b>
	7		3	4
	8		<b>5</b>	<b>5</b>
Promedio ± desviación estándar		3,75±1,16	4,38±0,52	<b>4,00±0,93</b>
Si se siente motivado el paciente para venir al hospital a trabajar con el robot	1		3	<b>4</b>
	2		5	5
	3		3	<b>5</b>
	4		5	5
	5		<b>5</b>	<b>5</b>
	6		<b>5</b>	4
	7		5	5
	8		5	5
Promedio ± desviación estándar		4,50±0,93	<b>4,75±0,46</b>	3,88±1,36
Si le gustaría llevárselo a casa	1		5	5
	2		4	5
	3		3	2
	4		3	3
	5		3	5
	6		5	5
	7		4	4
	8		5	5
Promedio ± desviación estándar		4,00±0,93	4,25±1,16	<b>4,50±1,07</b>



Los profesionales que participaron en el pilotaje, en concreto 2 médicos rehabilitadores y 1 fisioterapeuta valoraron también de forma cuantitativamente la plataforma robótica. En concreto, la valoración se hizo mediante el cuestionario adjuntado en Anexo IV, perfil profesionales sanitarios. Estos profesionales valoraron de una manera global y al finalizar el pilotaje. En la Tabla 28 se puede observar las valoraciones por cada uno de los profesionales y en la última columna de la tabla, el valor medio y desviación estándar de los tres profesionales para cada uno de los ítems valorados.

**Tabla 28** Resultados de la evaluación cuantitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los profesionales sanitarios al finalizar la evaluación

<b>Dimensión valorada</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Rehabilit. 1</b>	<b>Rehabilit. 2</b>	<b>Fisioterap.</b>	<b>Promedio</b>
Utilidad Percibida	Si cree que le ayuda	4	4	5	4,33±0,58
	Si el paciente realiza los ejercicios mejor que al empezar con el robot	4	4	5	4,33±0,58
Facilidad de uso	Si paciente se agobia con el robot	3	4	4	3,67±0,58
	Si los ejercicios son aburridos	5	3	4	4,00±1,00
Condiciones facilitadoras	Funciona correctamente	5	4	3	4,00±1,00
Empatía/ Interacción social	Le gusta el robot	4	4	5	4,33±0,58

En relación a la evaluación cualitativa, en la Tabla 29 se muestran los resultados de la evaluación que realizan los pacientes a los ítems qué parte del entrenamiento le gusta más y cuál le resulta más difícil (Anexo IV, perfil paciente). El entrenamiento consta de una primera fase consistente en la repetición de ejercicios motores. En la segunda se realiza un juego, en donde el paciente debe de recordar una secuencia de ejercicios que hace el robot y repetirla.

**Tabla 29** Resultados de la evaluación cualitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los pacientes en la primera, segunda y tercera evaluación.

	<b>Paciente</b>	<b>1ª Evaluación</b>	<b>2ª Evaluación</b>	<b>3ª Evaluación</b>
¿Qué parte te gusta más?	1	La primera parte	La primera parte	La primera parte
	2	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)

	3	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La primera parte
	4	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)
	5	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)
	6	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)
	7	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)
	8	La primera parte	La primera parte	La primera parte
<hr/>				
Promedio				
Primera parte		25%	25%	25%
Segunda parte (juego)		75%	75%	75%
<hr/>				
¿Qué parte es la más difícil?	1	La primera parte	La primera parte	<b>La segunda parte (juego)</b>
	2	La primera parte	La primera parte	La primera parte
	3	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)
	4	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	5	La primera parte	La primera parte	La primera parte
	6	La primera parte	La primera parte	La primera parte
	7	La primera parte	La primera parte	La primera parte
	8	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)	La segunda parte (juego)
<hr/>				
Promedio				
Primera parte		62,5%	62,5%	50%
Segunda parte (juego)		25%	25%	37,5%
Ninguna		12,5%	12,5%	12,5%

Respecto a la pregunta de qué cosas les gustaría que hiciera el robot, las respuestas son diversas, entre ellas se cita que coma helado, que ponga las manos detrás de la cabeza, que baile (en cinco ocasiones), que juegue al fútbol (en seis ocasiones), que cante (en cuatro ocasiones), que corra, que haga más movimientos. Casi todas las respuestas como se pueden observar están relacionadas con el juego.

En la Tabla 30 se muestran los resultados de la evaluación cualitativa que realizan los familiares a los ítems de si ha detectado alguna mejoría y si le gustaría que su familiar siguiera realizando el entrenamiento con el robot (Anexo IV, perfil cuidador/familiar).

**Tabla 30** Resultados de la evaluación cualitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los familiares en la primera, segunda y tercera evaluación.

Ítem valorado	Familiar	1ª Evaluación	2ª Evaluación	3ª Evaluación
¿Ha notado que su hijo en casa haga algún movimiento que antes no podía hacer o ahora lo hace mejor?	1			<b>Sí</b> , extensión lateral del brazo, coge cosas grandes, la extensión brazos hacia delante lleva mejor las manos, <b>al vestirse desvestirse)</b>
		No	<b>Sí</b> (extensión lateral del brazo, ahora coge cosas grandes, caja mesa que antes no podía abarcar)	
	2			<b>Sí</b> (apagar/encender luces, echarse paste de diente, <b>coge las cosas mejor, maneja mejor estampas, memoria)</b>
		No	<b>Sí</b> (apagar/encender luces, echarse paste de diente)	
	3	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	No
	4	No	<b>Sí</b> , hace más flexión del brazo	<b>Sí</b> , mejor flexión del brazo
	5	Sí (lleva mejor la mano a la espalda)	Sí, lleva mejor la mano a la espalda, cabeza y hace mejor rotaciones	Sí, levanta más el brazo afectado y se lo lleva con menos fuerza hacia atrás
	6	No	No	No
7	No	No	<b>Sí</b> , tiene más movilidad brazo	
8	No	No	No	
Promedio				
Sí		25%	62,5%	62,5%
No		75%	37,5%	37,5%
Si este robot estuviera disponible ¿Le gustaría seguir participando	1	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	2	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	3	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	4	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	5	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	6	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	7	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
	8	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
Promedio				
Sí		100%	100%	100%
No		0%	0%	0%

En relación a la pregunta cualitativa de “qué cosas nuevas te gustaría que hiciera el robot”, los familiares contestaron diversas respuestas, entre ellas que realice

ejercicios de presión manual, más juegos, sesiones más largas, más ejercicios, ejercicios para trabajar miembro inferior, gatear, bailar, actividades de la vida diaria, ponerse la ropa, etc., a tener en cuenta para los desarrollos futuros de la aplicación.

Finalmente, los profesionales sanitarios que participaron en el pilotaje de la plataforma robótica, también evaluaron de forma cualitativamente a la plataforma robótica mediante el cuestionario TAM diseñado y adjuntado en Anexo IV, perfil profesional sanitario. Los resultados de la parte cualitativa se pueden observar en la Tabla 31.

**Tabla 31** Resultados de la evaluación cualitativa del sistema de rehabilitación robótico valorados por los profesionales sanitarios al finalizar el pilotaje.

Ítem valorado	Rehab. 1	Rehab. 2	Fisioterapeuta
¿Has notado que sus pacientes hagan algún movimiento que antes no podía hacer o ahora lo hace mejor?	NS/NC el número de pacientes y nº de sesiones es pequeño	Sí, ha mejorado la capacidad de flexionar y abducir el hombro en la mayoría de los niños	Sí, algunos niños con la flexión del brazo y algunos incluso con la rotación. Además, los padres comentan que ha mejorado la calidad del movimiento.
Promedio			
Sí	66,66%		
NS/NC	33,33%		
¿Le gustaría que los pacientes continúen con esta terapia?	Sí	Sí	Sí
Promedio			
Sí	100%		
No	0%		

En relación a las preguntas de la parte cualitativa “¿Te gustaría que el robot pudiese hacer algo que no haga ahora? ¿Qué cosas?”, dos de los profesionales evaluados nos indican más bailes, juegos interactivos, que moviera también las piernas para los ejercicios, que tuviera más rangos de movilidad en las articulaciones, por ejemplo, la pinza o la prensión de objetos; rotaciones en el hombro, que se combinara con imágenes de realidad virtual, etc. Por contraposición, una de las rehabilitadoras sin embargo a esta pregunta contestó que lo ve bien tal como está.

En relación a la pregunta “¿Qué otras prestaciones o para que podía ser útil el robot además de para la rehabilitación?” Los profesionales sanitarios indican, estimulación cognitiva y afinidad en el tratamiento, asistencia en el hogar, información, juegos con niños.

En la Fig. 13 se muestra a un paciente del Hospital Universitario Virgen del Rocío realizando el entrenamiento motor con la plataforma robótica diseñada durante en una sesión de rehabilitación del pilotaje.



**Fig.13:** Paciente realizando entrenamiento motor durante el pilotaje con la plataforma robótica diseñada.



## Capítulo 6 Viabilidad de la implantación

En este Capítulo se analiza la viabilidad de poder implantar los sistemas diseñados de telerehabilitación cognitiva y de rehabilitación robótica motora en el hospital. Para ello, en un primer lugar se calculan los costes estimados de los servicios de entrenamiento cognitivos y motores convencionales prestados en el Hospital Universitario Virgen del Rocío. Para la estimación de costes, se tuvo en cuenta los precios públicos de servicios sanitarios prestados en el Servicio de Salud Público de Andalucía, disponibles en la web del Servicio Andaluz de Salud (SAS) (<http://www.sas.junta-andalucia.es/ordenpreciospublicos/default.asp>). También se calcularon los costes estimados si el servicio se prestara haciendo uso de los sistemas diseñados con el fin de comparar ambos costes. Por otro lado, se identificaron las tareas necesarias y costes derivados para poder introducir y desplegar ambos sistemas como servicios proporcionados por una unidad de rehabilitación en un hospital del SAS.

### 6.1. Evaluación de costes del sistema

#### 6.1.1. Sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral

Para estimar los costes asociados a un tratamiento cognitivo convencional frente a los costes del tratamiento de telerehabilitación cognitiva, se estima que los pacientes requieren servicios de rehabilitación durante cuatro meses. En ese sentido, se plantea que en cuatro meses, el paciente es evaluado tres veces por rehabilitación, al inicio, a la mitad del tratamiento, al transcurrir dos meses y al final, tras los cuatro meses. En relación a la asistencia del terapeuta ocupacional, se estima que cada paciente acude dos veces por semana a terapia con una duración de 30 minutos, por lo que requiere durante los cuatro meses de tratamiento un total de 32 consultas o asistencias por parte de terapia ocupacional. Así mismo, se indica el coste de ambulancia, en caso de que el paciente requiera ser trasladado para cada sesión de terapia ocupacional y visita a la consulta de rehabilitación. En un tratamiento de cuatro meses, se estimaron 35 visitas al hospital (32 de terapia ocupacional y 3 de consultas al rehabilitador). Asimismo, aunque se indica en la tabla, no se puede estimar el coste que supone el que un familiar o cuidador tenga que acompañar al paciente cada vez que venga al hospital, en los cuatro meses de entrenamiento.

En la Tabla 32 se muestra el coste total del servicio de rehabilitación cognitiva convencional prestado por paciente y que asciende a 6.484,59€. Dicho coste podría ser reducido en caso de que no se requiera la utilización de ambulancias, siendo el coste

## 6. Viabilidad de la implantación

total del servicio de rehabilitación, sin tener en cuenta el coste asociado de ambulancia de 709,59€

**Tabla 32** Costes asociados al tratamiento cognitivo convencional de un paciente perteneciente al SAS.

Descripción	Unidades	Coste unitario	Coste Total
Sesión de terapia ocupacional	32	8,85€	283,2€
Sesión rehabilitación neurocognitiva	3	142,13€	426,39€
Ambulancias	35	165,00€	5.775€
Tiempo desplazamiento familiar y paciente	35		
<b>Total Coste</b>			<b>6.484,59€</b>

Para estimar el coste del servicio de rehabilitación a través del sistema diseñado, en primer lugar se calcula el coste de la tarifa de internet, que hace falta para la conexión de la aplicación tablet del usuario, con el sistema servidor instalado en el hospital. Para ello, se ha realizado una búsqueda de tarifas de las principales compañías telefónicas en donde proporcionan datos suficientes para la conexión a internet de esta aplicación. Vodafone dispone de la tarifa Mini S con 1.5GB de datos con un coste al mes de 11,20€/mes y Movistar dispone de la tarifa Vive 13 que proporciona 1GB de datos con un coste de 13€/mes. En este caso se selecciona la opción más económica y que proporciona más datos, que es la tarifa de Vodafone. Vodafone además es la empresa proveedora de servicios de telefonía y datos del SAS, por lo que se podría negociar un precio aún más económico.

También se estima el coste del acceso a la aplicación de ejercicios cognitivos Smartbrain tiene un coste de 1,5 €/mes por paciente, más 1 €/hora entrenamiento. Dado que los pacientes van a entrenar durante 4 meses y tiene programadas 32 sesiones, el coste de Smartbrain es de 38€/paciente. Hay que tener en cuenta que este programa también podría usarse en el tratamiento convencional y no se ha tenido en cuenta en el coste del tratamiento convencional. También hay que tener en cuenta que este coste se podría reducir, si el terapeuta hace uso de fichas propias de terapia que el sistema permite incluir a través de gestor de fichas de entrenamiento. Por otro lado, se estima el coste asociado a la consulta de rehabilitación que en este caso sería virtual. Los rehabilitadores indican que por el pilotaje realizado el tiempo es menor, pero dado que no se dispone de una tarificación para teleconsulta virtual, se tiene en cuenta el mismo coste que la consulta presencial. En relación a la sesión de terapia ocupacional, el tiempo también se reduce, dado que el terapeuta no tiene que estar realizando la sesión con el paciente, sino que sólo la programa y ve los resultados. Se estima que para programar la sesión y ver resultados requiere una sesión por semana. En ese sentido, dado que el entrenamiento está programado para cuatro meses, se requerirán 16 sesiones de terapia ocupacional.



## 6. Viabilidad de la implantación

Por otro lado, se estima el mantenimiento de la aplicación por parte de empresa externa responsable del desarrollo de la aplicación. El precio de este servicio es de 5.000€ al año, independientemente del número de pacientes. Para el cálculo se estiman sólo los cuatro meses, aunque este concepto se optimizaría conforme a más pacientes se les preste servicios, dado que el coste es el mismo. También se estima el coste de mantenimiento y back up de servidores de producción por parte de los técnicos de sistemas del hospital, dado que el sistema se instalaría en los servidores del hospital. En la Tabla 33 se muestra el coste total de dicho servicio que asciende a 2.353,93 €

**Tabla 33** Costes asociados al tratamiento cognitivo proporcionado por la aplicación de telerehabilitación cognitiva diseñada para un paciente.

Descripción	Unidades	Coste unitario	Coste Total
Contrato 3G	4	11,20€/mes	44,8€
Aplicación Smartbrain	4	9,5€/mes	38€
Sesión rehabilitación neurocognitiva	3	142,13€	426,39€
Sesión de terapia ocupacional	16	8,85€	141,6€
Mantenimiento por parte de empresa externa	4	417€/mes	1668€
Mantenimiento y Back Up servidores de producción por parte de técnico sistemas del hospital	2	17,57€	35,14€
<b>Total costes</b>			<b>2.353,93€</b>

Si se compara el coste del servicio de telerehabilitación respecto al tratamiento convencional, es menos costoso el servicio de telerehabilitación en el caso de que el paciente requiera ambulancia para asistencia a las sesiones, suponiendo un ahorro de costes al sistema de 4.130,66€. En caso de que no necesitara el traslado de ambulancias el tratamiento convencional es 1.644,34€ más económico.

En este análisis hay que tener en cuenta que no se ha valorado el coste asociado a la calidad de vida del paciente al no tener que venir al hospital, así como el de los familiares. Por otro lado, tampoco se ha estimado que con el servicio de telerehabilitación se optimice el servicio de rehabilitación, dado que los terapeutas ocupacionales pueden prestar su servicio simultáneamente a varios pacientes, dado que no requiere su presencia física.

A continuación, se realiza una simulación aumentando el número de pacientes a los que se les presta servicios de rehabilitación cognitiva, teniendo en cuenta lo mejor de los casos para el tratamiento convencional, en donde ningún paciente requiera traslado en ambulancia. En dicha simulación se muestra cómo se puede observar en la Tabla 34 y 35 que a partir del paciente 30, el coste del sistema de telerehabilitación disminuye en comparación con el tratamiento convencional.

## 6. Viabilidad de la implantación

**Tabla 34** Costes asociados al tratamiento cognitivo convencional de 30 pacientes pertenecientes al SAS.

Descripción	Pacientes	Unidades	Coste unitario	Coste Total
Sesión de terapia ocupacional	30	32	8,85€	8.496,00 €
Sesión rehabilitación neurocognitiva	30	3	142,13€	12.791,70 €
Ambulancias	30	0	165,00€	0,00 €
Tiempo desplazamiento familiar y paciente	30	35		0,00 €
<b>Total Coste</b>				<b>21.287,70€</b>

**Tabla 35** Costes asociados al tratamiento cognitivo proporcionado por la aplicación de telerehabilitación cognitiva diseñada para 30 pacientes.

Descripción	Pacientes	Unidades	Coste unitario	Coste Total
Contrato 3G	30	4	11,20€/mes	1.344€
Aplicación Smartbrain	30	4	9,5€/mes	1.140€
Sesión rehabilitación neurocognitiva	30	3	142,13€	12.791,70€
Sesión de terapia ocupacional	30	16	8,85€	4.248€
Mantenimiento por parte de empresa externa	1	4	417€/mes	1.668€
Mantenimiento y Back Up servidores de producción por parte de técnico sistemas del hospital	1	2	17,57€	35,14€
<b>Total costes</b>				<b>21.226,84€</b>

Como se observa en la Tablas 34 y 35, a partir del paciente 30 con el sistema de telerehabilitación supondría una reducción de 60,86€ en el caso de que ningún paciente requiera traslado en ambulancia. Si se tiene en cuenta que el 25% de los pacientes requieren traslado en ambulancia, es decir, de los 30 requieren traslado 8, la reducción de costes sería mucho mayor suponiendo 46.260,86€ de reducción. Además como valor añadido del sistema de telerehabilitación hay que resaltar, que para el cálculo de estos costes no se ha tenido en cuenta los gastos de desplazamiento del tutor o familiar, calidad de vida del paciente al evitar traslados innecesarios, así como la optimización de recursos humanos y materiales al poder realizar los pacientes el entrenamiento en su domicilio sin la presencia física en el hospital.

### 6.1.2. Sistema robótico para la rehabilitación motora de paciente con PCI y PB

Para estimar los costes asociados a un tratamiento de rehabilitación motora convencional frente a los costes del tratamiento de telerehabilitación cognitiva, se estima que los pacientes requieren servicios de rehabilitación durante cuatro meses, al igual que el escenario anterior. En ese sentido, se plantea que en cuatro meses, el paciente es evaluado tres veces por rehabilitación, al inicio, a la mitad del tratamiento, al transcurrir dos meses y al final, tras los cuatro meses. En relación a la asistencia del

fisioterapeuta, se estima que cada paciente acude dos veces por semana, por lo que requiere durante los cuatro meses de tratamiento un total de 32 consultas o asistencias por parte de fisioterapeuta. Asimismo, se indica el coste de ambulancia, en caso de que el paciente requiera ser trasladado para cada sesión entrenamiento motor y visita a consulta de rehabilitación, que en un tratamiento de cuatro meses, se estima 35 visitas al hospital (32 del fisioterapeuta y 3 de consultas al rehabilitador).

**Tabla 36** Costes asociados al tratamiento motor convencional de un paciente perteneciente al SAS.

Descripción	Unidades	Coste unitario	Coste Total
Sesión de fisioterapia	32	8,85€	283,20€
Sesión rehabilitación neurocognitiva	3	142,13€	426,39€
Ambulancias	35	165,00€	5.775€
<b>Total Coste</b>			<b>6.484,59€</b>

En la Tabla 36 se muestra el coste total del servicio de rehabilitación cognitiva prestado por paciente, 6.484,59€. Dicho coste podría ser reducido en caso de que no se requiera la utilización de ambulancias, siendo el coste total del servicio de rehabilitación sin tener en cuenta el coste asociado de ambulancia de 709,59€

Para estimar el coste del servicio de rehabilitación robótica diseñado se tiene en cuenta que el coste del robot Nao en donde se ha implementado el software desarrollado es de 7.000€, en este coste se contempla una garantía de 2 años. Además se incluye un coste asociado al mantenimiento del sistema software estimado por la Universidad Carlos III de Madrid colaboradores en el desarrollador del software de 4.000€/año. Por otro lado, se tiene en cuenta que mediante este sistema, el fisioterapeuta no tiene que estar presente durante la sesión, sólo al principio para programar la sesión. Los profesionales sanitarios por la experiencia con el robot consideran que una vez que ya está a punto el sistema, sólo requerirá la cuarta parte de una sesión, por lo que para este sistema se contabilizaría la asistencia por parte del fisioterapeuta de 8 sesiones en lugar de 32. En la Tabla 37 se muestran los costes asociados al sistema robótico de rehabilitación motora diseñado.

**Tabla 37** Costes asociados al tratamiento motor mediante plataforma robótica de un paciente.

Descripción	Unidades	Coste unitario	Coste Total
Coste robot	1	7.000€	7.000€
Coste mantenimiento	4	333,33€/mes	1.333,33€
Sesión de fisioterapeuta	8	8,85€	70,8€
Sesión rehabilitación neurocognitiva	3	142,13€	426,39€
Ambulancias	35	165,00€	5.775€
<b>Total Coste</b>			<b>13.405, 52€</b>

Hay que tener en cuenta que el coste del robot y de mantenimiento sería no sólo para un paciente, sino que este coste estaría asociado a la implantación del sistema en el hospital como un servicio de rehabilitación, de forma que el robot podría rehabilitar a todos los pacientes que la unidad de rehabilitación considere. El coste del robot se pagaría una sola vez y al año sólo habría que contratar el coste de mantenimiento. Así mismo, no se ha tenido en cuenta para dicho cálculo la amortización del equipo.

Si no se tiene en cuenta esta inversión inicial de 8.333,33€ el coste de la rehabilitación de cada paciente sería de 6.272,19€ en caso de requerir ambulancia o de 497,19€ si no la requiere. Si se compara con la rehabilitación convencional cuyo coste es de 6.484,59€ en caso de requerir ambulancia y si no la requiere de 709,59€, la reducción de costes al usar la plataforma robótica sería de 212,40€.

De esta forma, si se tiene en cuenta la inversión inicial de 7.000€ del robot y 4.000€/año de mantenimiento que requiere el sistema robótico en el primer año, con la inclusión de 52 pacientes en el programa de rehabilitación, el coste estimado del tratamiento convencional equivaldría al coste del tratamiento a través de la plataforma robótica. A partir de 52 pacientes, el sistema robótico supondría un coste de 212,40€ por paciente.

Para el segundo año y sucesivos, el coste fijo sería sólo el de mantenimiento de 4.000€, de forma que con 19 pacientes el coste estimado del tratamiento convencional equivaldría al coste del tratamiento a través de la plataforma robótica. A partir de 19 pacientes, el coste del tratamiento rehabilitador robótico sería 212,40€ más económico por paciente que el tratamiento convencional.

Hay que resaltar que no se han tenido en cuenta en esta valoración los beneficios que supone la rehabilitación proporcionada por la plataforma robótica, como se pudo ver en el pilotaje y que entre otros son la mejora en los movimientos motores de los pacientes, aumento a la adherencia, la mayor motivación de los pacientes y el registro objetivo de la evolución del paciente, facilitando el seguimiento a los profesionales sanitarios.

### **6.2. Implantación y despliegue de los sistemas**

La plataforma de telerehabilitación cognitiva actualmente está instalada en los servidores del Hospital Universitario Virgen del Rocío. La videoconferencia que se implementa en la aplicación es propietaria, por lo que no depende de ningún proveedor de servicios de videoconferencia y está basada en Red5 Media Server 0.9.1. Red 5 es una aplicación servidor java que usa protocolos RTMPT, RTMPS y RTMPE para permitir streaming de vídeo y voz. La plataforma se desarrolló para que los pacientes realizaran el entrenamiento cognitivo conectándose a la plataforma a través de 3G o *wifi*

de cualquier compañía telefónica, manteniendo los protocolos de seguridad en la confidencialidad de la información intercambiada.

Para la implantación y despliegue del sistema de telerehabilitación se plantean dos escenarios, el primero en donde la aplicación funcione de manera independiente, tal como está actualmente instalada, en este escenario no se requiere ninguna tarea adicional a las estimadas. En el segundo escenario, se plantea que el sistema de telerehabilitación se conecte e intercambie datos con los servicios de información del hospital.

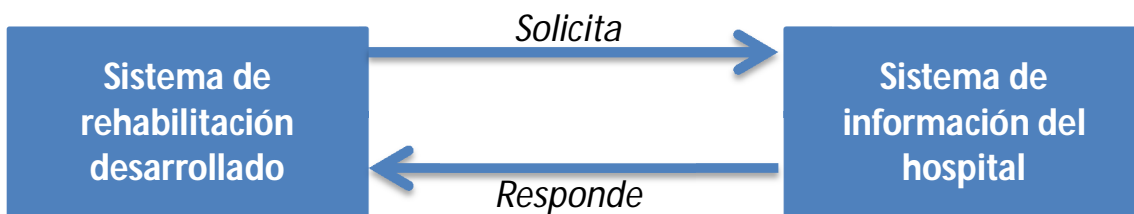
Por otro lado, para la implantación y despliegue del sistema robótico de rehabilitación motora también se plantean al igual que en el sistema anterior, los dos mismos escenarios. El primero en donde la plataforma robótica funciona de forma aislada, es decir dispone de un sistema de gestión de usuarios propio y no se comunica con ningún sistema de información del hospital. En este escenario no se requiere realizar ninguna tarea adicional. El segundo escenario planteado es que el sistema robótico se conecte e intercambia datos con los sistemas de información del hospital.

Para los dos sistemas desarrollados si se considera el escenario de integración con los sistemas de información del hospital, se identifica de utilidad, la autenticación de los usuarios, es decir que los usuarios clínicos puedan acceder a la aplicación con los mismos credenciales que utilizan para los distintos sistemas informáticos del hospital. Para ello, se requiere conexión con MACO (Módulo de Acceso Centralizado de Operaciones). También se identifica de utilidad la incorporación de los datos demográficos de los pacientes, para no tener que darlos de alta manualmente en la aplicación. Para ello, se hace necesaria la conexión con BDU (Base de Datos de Usuario). Por otro lado, también se plantea el registro de los resultados obtenidos por el paciente y las valoraciones realizadas por los profesionales por videoconferencia para el caso particular del sistema de telerehabilitación. En ese sentido, requerirá la puesta a punto de algunas funcionalidades en ambos sistemas diseñados. En concreto, en la gestión de acceso, gestión de pacientes y gestión documental para el envío de los resultados al sistema de información del hospital. Para ello, se hará uso de unos perfiles de integración entre sistemas definidos por IHE (*Integrating the Healthcare Enterprise*).

IHE es una organización sin ánimo de lucro formada por profesionales de la sanidad y empresas proveedoras, cuyo objetivo es mejorar la comunicación entre los sistemas de información que se utilizan en la atención al paciente. Para ello, IHE define unos perfiles de integración que utilizan estándares ya existentes, para la integración de sistemas de manera que se garantice la interoperabilidad y un flujo de trabajo eficiente entre los sistemas implicados. IHE no es un estándar, sino recomendaciones de uso de estándares existentes, es decir es un conjunto de especificaciones que forman un marco técnico.

El perfil de integración IHE describe una necesidad clínica de integración de sistemas y la solución para llevarla a cabo. Asimismo, también define los componentes funcionales, a los que IHE los denomina actores y especifica con el mayor grado de detalle posible, las transacciones que cada actor deberá llevar a cabo, basadas siempre en estándares como *Health Level 7 (HL7)*.

En concreto para la gestión de pacientes, el perfil que se implementaría sería el PIX (*Patient Identifier Cross Referencing*). Este perfil describe la referencia cruzada entre diversos identificadores de paciente que se usan en diferentes sistemas que registran y almacenan información de salud. Esto permite correlacionar información sobre un paciente de diversas fuentes o sistemas que usan diferentes identificadores del paciente. De este perfil se utilizará la transacción específica de *Patient Identity Feed*, representado en la Fig. 14. Este perfil implementa una solicitud y una respuesta entre el sistema diseñado y los sistemas de información del hospital.



**Fig.14:** Representación de la transacción *Patient Identity Feed*.

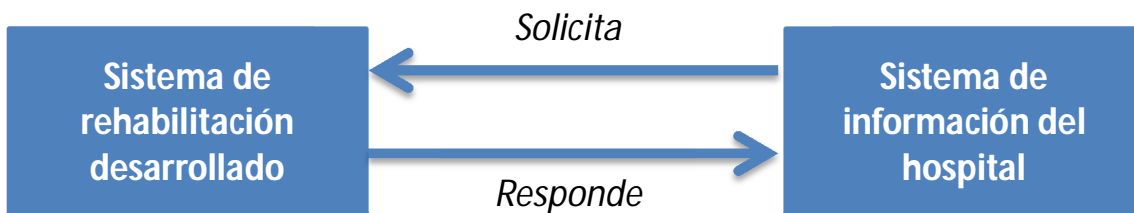
En la solicitud se indican los identificadores de ambos sistemas y atributos demográficos de los pacientes a ser registrados. El formato de mensaje que se utiliza es HL7 v2 A01. En el mensaje se incluyen los identificadores de ambos sistemas y datos demográficos del paciente.

Para la gestión documental el perfil de IHE que se implementaría, sería el perfil XDS (*Cross-Enterprise Document Sharing*). Este perfil se centra en proporcionar una especificación basada en estándares para guiar el intercambio de documentos entre cualquier sistema de información de salud. De esta forma, se administra a través de repositorios de documentos y un registro de documentos para crear un registro longitudinal de información sobre un paciente dentro de un dominio de afinidad clínico dado. En este caso, el sistema de información de salud del hospital solicitará a los sistemas de telerehabilitación cognitiva o de robótica con entrenamiento motor, una lista de entradas de documentos relacionadas con un paciente en particular. Los sistemas diseñados devolverán los metadatos del registro que contengan la lista encontrada para cumplir con los criterios especificados, incluyendo las ubicaciones e identificador de cada documento correspondiente en uno o más repositorios de documentos. De esta forma, el sistema de información del hospital solicitará un determinado conjunto de

documentos de esa lista y, finalmente, los sistemas diseñados devolverán ese documento especificado.

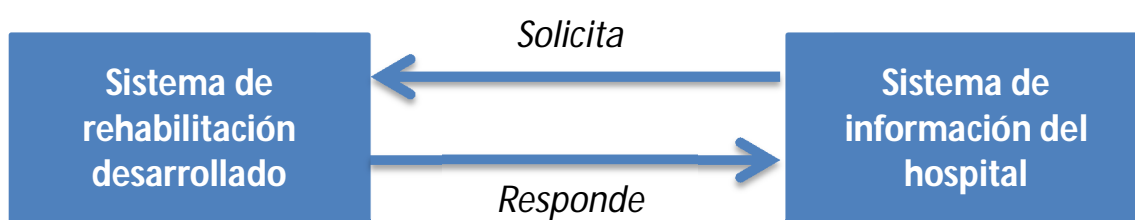
En este perfil XDS, *AdhocQuery* y *RetrieveDocumentSet* serán las transacciones específicas usadas. En concreto, *AdHocQuery* es la transacción en la que el sistema de información del hospital hace una consulta sobre un paciente determinado, a través de unos criterios de búsqueda definidos, al sistema de rehabilitación desarrollado para recuperar documentos específicos, como pueden ser los resultados de la rehabilitación de los pacientes.

*AdHocQuery* en la respuesta que emite el sistema de rehabilitación diseñado devuelve al sistema de información del hospital los metadatos de registro, conteniendo una lista de entradas de documentos que cumplen los criterios especificados. En dicha información se incluye las ubicaciones e identificadores de cada documento localizado en uno o más repositorios. La representación de la transacción *AdHocQuery* se muestra en la Fig. 15.



**Fig.15:** Representación de la transacción *AdhocQuery*.

La transacción *RetrieveDocumentSet* se inicia por el sistema de información del hospital y define como dicho sistema recupera un documento específico del sistema de rehabilitación desarrollado. Esta transacción se produce tras la transacción *AdHocQuery*, es decir tras disponer el sistema de información del hospital del registro de los documentos disponibles de ese paciente. El sistema de rehabilitación desarrollado en su respuesta, devuelve el documento especificado por el sistema de información del hospital. La representación de la transacción *RetrieveDocumentSet* se muestra en la Fig. 16.



**Fig.16:** Representación de la transacción *RetriveDocumentSet*.

Para ello, los sistemas requieren modificación en la estructura de base de datos, en los métodos de comunicación y en el diseño e interfaces. En ese sentido, en la Tabla 38 se estiman para cada sistema las tareas y recursos necesarios para llevar a cabo las modificaciones planteadas que posibilitarían la integración con los sistemas de información del hospital.

**Tabla 38** Tareas y estimación de costes asociados al despliegue e integración de los sistemas diseñados en el Hospital Universitario Virgen del Rocío o un hospital o servicio del SAS.

Descripción	Duración	Precio
Modificar gestión de acceso	120h	2.040€
Modificar gestión de profesionales	240h	4.080€
Gestión de pacientes	240h	4.080€
Generación de informes y envío basado en estándares IHE	120h	2.040€
Despliegue en producción y pruebas	32h	544€
Pruebas de integración y de carga	40h	728€
Coste Total		13.512€



## Capítulo 7 Discusión

En el presente Capítulo se discuten y analizan los principales resultados obtenidos que se expusieron en el Capítulo 5 sobre las evaluaciones llevadas a cabo durante los dos pilotajes realizados, por un lado, del sistema de telerehabilitación cognitiva para pacientes con daño cerebral adquirido y por otro del sistema robótico para rehabilitación motora de pacientes pediátricos con PCI y PBO. Se realiza un análisis descriptivo de los resultados, sin realizar pruebas de significación estadística, debido al número bajo de las muestras (población de los estudios) en ambos pilotajes. Este hecho es una limitación, que se puede atribuir a la dificultad que tienen los médicos y profesionales sanitarios de trabajar en los pilotos e incluir participantes en los estudios, por su alta ocupación asistencial en las áreas hospitalarias donde se llevó a cabo el trabajo.

Al final de este Capítulo se discutirán igualmente los resultados obtenidos tras el estudio de viabilidad de la implantación (Capítulo 6) y se expondrán las principales líneas futuras y de investigación que se abren tras la realización del presente trabajo.

Para la realización de esta Tesis es importante resaltar el trabajo que se había realizado previo a la evaluación en relación al diseño y desarrollo de los prototipos de ambos sistemas, que queda recogido en el Anexo I y Anexo II, y en donde se realizaron pruebas técnicas y de usabilidad hasta la puesta a punto de los sistemas para los pilotajes. Dicho trabajo se ha considerado incluirlo en el apartado de Anexos para facilitar la lectura, pero conviene dejar constancia que el trabajo que se detalla en los citados Anexos había sido llevado a cabo en el marco del presente trabajo, y como tal, debe ser considerado a la hora de valorar la actual Tesis.

### **7.1. Discusión sobre la evaluación del sistema de telerehabilitación cognitiva para paciente con daño cerebral adquirido**

El principal hallazgo de la evaluación del sistema de mHealth de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido, como se puede interpretar por los resultados de la Tabla 13, es que con la aplicación mHealth los pacientes respecto al grupo control han mejorado considerablemente el control de espasmos digitales, en la memoria, en la atención sostenida y en la flexibilidad cognitiva de manera global y dentro de la valoración neuropsicológica se ha obtenido mejoría en la abstracción, así

como un aumento con su campo de interacción al disponer de resultados positivos en el test del reloj.

Por su parte en relación a la aceptación de la tecnología, aspecto a considerar según la literatura, analizando los resultados de la Tabla 14 cabe destacar cómo los usuarios consideran que con el sistema de mHealth mejorará la comunicación con el profesional sanitario o paciente/familiar (sobre todo lo percibe el paciente con una puntuación de 4,00 sobre 5,00), así como que la rehabilitación es más personalizada y que reduce los desplazamientos al hospital. El paciente también percibe que con el sistema se reduce la carga de trabajo de su familiar/cuidador y el familiar también valora muy positivamente que el sistema le ha ayudado a su familiar (4,33 sobre 5,00 en ambas preguntas). Asimismo, los pacientes y familiares consideran que la aplicación es fácil de usar (4,33 sobre 5,00). Respecto a la dimensión de condiciones facilitadoras, el aspecto de funcionamiento correcto obtiene mejor puntuación por parte del paciente y menor por el cuidador y familiar (3,00 y 3,50, respectivamente). En esta puntuación hay que tener en cuenta que la valoración es de un prototipo y que en las primeras fases es habitual que la aplicación falle y se detecten cambios y mejoras. En el ítem de calidad del soporte técnico, la puntuación obtenida por todos los perfiles es buena. En el ítem de comodidad y atención por parte del profesional sanitario, los pacientes valoran mejor este punto en comparación con el familiar, aunque en general ambas puntuaciones fueron buenas. Por otro lado, en relación a la dimensión de relación social, cabe destacar que todos los perfiles coinciden en que lo recomendarían a otros pacientes. Finalmente, en la satisfacción global el sistema está bien valorado, obteniendo una valoración media global de 4,00 por los pacientes, 4,33 por los familiares/cuidadores y 4,25 por los profesionales sobre 5,00.

En relación a la comparación de los resultados de este pilotaje con estudios de la literatura, hay que indicar que no se puede realizar ninguna comparación debido a que los diseños de los estudios son totalmente diferentes, es decir, no se incluyen a los pacientes con los mismos criterios de inclusión, ni se miden las mismas variables, ni se utilizan los mismos instrumentos de medida, ni cuestionarios de aceptación de la tecnología, etc. Dado que las muestras son diferentes, la comparación con otros estudios no es posible.

### **7.2. Discusión sobre la evaluación del sistema robótico para la rehabilitación motora de pacientes con PCI y PBO**

Previo al análisis de los resultados de la evaluación del sistema robótico de rehabilitación motora para pacientes pediátricos con PCI y PBO, hay que indicar que aunque la rehabilitación se planteó para que los pacientes acudieran al hospital dos

veces por semana durante dos meses para realizar el entrenamiento motor en cada uno de los dos grupos, se detectó que para el grupo control, los pacientes acudieron prácticamente a todas las sesiones, mientras que el entrenamiento con la plataforma robótica (grupo experimental) no fue así. La mayoría de los pacientes pertenecientes al grupo experimental acudían dos veces, pero otros sólo una vez, como se puede observar en la Tabla 16. Este cambio se podría atribuir a que la participación en el grupo experimental al ser posterior al grupo control, los familiares y cuidadores podrían presentar más dificultades al traer al paciente, por extenderse en el tiempo la rehabilitación o simplemente porque dio la casualidad de que en ese periodo el niño se encontraba enfermo. En relación a la evaluación de la efectividad del entrenamiento, como se puede observar en la Tabla 17 y en la Fig. 10, en donde se muestran los resultados de la escala Mallet, los pacientes no mejoraron su habilidad motora tras haber transcurrido su entrenamiento convencional, es decir tras finalizar el entrenamiento en el grupo control. Por contraposición, los pacientes tras realizar el entrenamiento motor con la plataforma robótica, tras finalizar su participación en el grupo experimental, sí que presentaron una mejoría en rangos generales, sobre todo los pacientes que acudieron a las todas sesiones programadas. En ese sentido, mejoraron en un orden de magnitud de 1 a 3 puntos. Destaca como los pacientes 1 y 2 con patologías diferentes (PCI y PBO en el miembro izquierdo) que acudieron a todas las sesiones mejoraron 3 y 2 puntos. Los pacientes que no mejoraron fueron los pacientes 4 y 7 que sí se observa la Tabla 16, acudieron sólo a la mitad de las sesiones.

En relación a la evaluación de los patrones de movimiento y la calidad de la función manual de los pacientes con PCI según la escala Quest, destaca de la Tabla 18 como el paciente 2 que presenta una PCI en el miembro izquierdo presenta una mejoría de casi 3 puntos, tras el entrenamiento motor con la plataforma robótica acudiendo a todas las sesiones. El paciente 8 sin embargo, que presenta una PCI en el miembro derecho y que acude a casi todas las sesiones (13 de 15) presenta una mejoría del 0,39. Aunque la mejoría en este último es leve, es importante resaltar que el paciente presenta al menos una mejoría, que no se detecta al finalizar su tratamiento en el grupo control.

Por contraposición la destreza manual como se puede observar en la Fig. 11 y 12 en donde se representan gráficamente los resultados de la realización del *Nine hole peg test* indicados en la Tabla 19, en rango general no se detecta mejoría. Concretamente se produce una mejora de los resultados en la mano dominante, pero este hecho se puede atribuir al aprendizaje del test. Visualizando la Fig. 12, algunos pacientes empeoran (2 de los 6) y otros mejoran (4 de 6), pero en general no se obtienen resultados estadísticamente significativos. Estos resultados se traducen en que con la plataforma robótica no se trabaja en la destreza fina de la mano y es por ello por lo que no se obtienen buenos resultados.

La plataforma robótica por su parte fue aceptada por los pacientes como se puede observar en la Tabla 20, considerándola de utilidad, apreciándose una ligera mejoría conforme es más usada (4,63 sobre 5,00 en la tercera evaluación con una mejora respecto a la segunda evaluación de 0,38). Los pacientes también consideraron que era fácil de usar como se indica en la Tabla 21, obteniendo una leve mejoría en la tercera evaluación con un valor de 4,38 en el ítem en donde se valora si se agobia con el robot y 5,00 si le resultan aburridos, correspondiéndose en este caso el valor 5,00 como la mejor puntuación, dado que 5,00 representa “para nada”. Es importante resaltar en esta valoración que el paciente tras transcurrir dos meses de entrenamiento con la plataforma, sigue motivado y sin aburrirse. Este hecho era un reto que se planteaba con el diseño de la plataforma robótica, dado que, en el entrenamiento convencional, una de las principales causas de falta de adhesión al tratamiento era que no se sentían motivados, que se aburrían con la repetición de ejercicios.

Los pacientes en general consideran que funciona correctamente en las tres evaluaciones, con una ligera mejoría (0,38) y obteniendo una mejor puntuación en la primera evaluación respecto a la tercera como se puede observar en la Tabla 22. En relación a la evaluación de la empatía o interacción, los diferentes ítems valorados de la Tabla 23 obtuvieron buenos resultados, con una ligera mejoría en la tercera evaluación, con una puntuación promedio de 4,75 sobre 5,00.

La plataforma robótica también fue bien valorada por parte los familiares y cuidadores. Los familiares valoraron la plataforma robótica de una gran utilidad en promedio, considerando que la plataforma le ayuda a su familiar y que mejoran realizando los ejercicios, de forma que consideran que los ejecuta mejor que al empezar el entrenamiento con el robot, en las tres evaluaciones realizadas, obtenido una ligera mejoría en la última evaluación con un valor de 4,5 sobre 5 en ambos ítems tras haber finalizado el entrenamiento y conocer mejor el robot.

Los familiares y cuidadores consideraron que la plataforma fue fácil de usar, destacando una leve mejoría también en la tercera evaluación en los dos ítems correspondientes a si se agobia y si los ejercicios son aburridos, con una puntuación de 4,50 y 4,13 respectivamente, como se puede observar en la Tabla 25. Hay que tener en cuenta que para esta valoración la puntuación más positiva se corresponde con el número 5 de la escala que representa “para nada” (Anexo IV, perfil cuidador/familiar). Asimismo, los familiares en general consideran que el robot funciona correctamente, con una ligera mejoría en promedio en la tercera evaluación con una puntuación de 4,13 respecto a 5,00 (Tabla 26).

Finalmente los familiares también valoran positivamente la empatía social que consigue el robot, dado que consideran que a sus hijos les gusta estar con él, obteniendo una puntuación en promedio de 4,00 tras finalizar el tratamiento. Este valor experimenta

una ligera mejoría (0,25) en comparación con la primera evaluación, al comenzar el tratamiento, pero disminuye en comparación con la segunda evaluación (0,38). Este hecho también se repite en el ítem valorado de motivación para venir al hospital a realizar el entrenamiento. La mejor puntuación se obtiene en la segunda evaluación, al mes de usar el robot con una puntuación de 4,75, que desciende en la tercera con una puntuación de 3,88 (0,87). Este descenso se puede atribuir a que con la rutina se puede perder un poco el interés, de ahí la necesidad de disponer de nuevos juegos, etc. que empaticen con los niños y los motive continuamente.

La plataforma robótica también fue bien aceptada por los profesionales sanitarios, como se indica en la Tabla 28. En concreto, los profesionales sanitarios valoraron la dimensión de utilidad percibida con un 4,33 sobre 5,00 en los dos ítems valorados de si cree que le ayuda y en que realiza mejor los ejercicios tras el entrenamiento con el robot. Por su parte, los profesionales también consideran que los pacientes no se agobian con el robot (3,67 donde el valor 4,00 representa no mucho) y que no se aburren (4,00 representando ese valor no mucho). Respecto a las condiciones facilitadoras, los profesionales valoran con un 4,00 (bastante) sobre 5,00 el ítem de que el robot funciona correctamente. Los profesionales sanitarios también evaluaron de forma positiva la dimensión de empatía o interacción social del robot, considerando que a los pacientes les gusta el robot con una puntuación de 4,33 sobre 5,00, en donde 5,00 representa un montón y 4,00 bastante.

Por último, en relación a la valoración cualitativa del sistema robótico, los pacientes, en relación a la pregunta de qué parte les gusta más, en las tres evaluaciones no cambiaron de opinión, resultando en promedio la segunda parte del entrenamiento, el juego, la parte que más les gusta (75%) como se puede observar en la Tabla 29. Respecto a qué parte consideran más difícil, en la primera y segunda evaluación la parte que consideran los pacientes más difíciles en promedio es la primera con un porcentaje de 62,5%, coincidiendo con la parte que menos le gusta. En la tercera evaluación un paciente cambia de opinión y considera que la parte que es más difícil y que a la vez le gusta más es la parte segunda del juego, pero en rangos generales en la tercera evaluación la parte que siguen considerando como la más difícil es la primera. Estos resultados contribuyen a dar credibilidad a la hipótesis de que cómo a través del juego, el niño se siente más motivado porque le gusta más e incluso lo considera más fácil.

La valoración cualitativa del sistema robótico por parte de los familiares y cuidadores pone de manifiesto que desde la segunda evaluación, el paciente mejora al realizar el entrenamiento con el robot. En concreto como se puede observar en la Tabla 30 un 62,5% declara que su familiar paciente realiza movimientos que antes no podía realizar. Por otro lado, en todas las evaluaciones todos los familiares coinciden en un 100% en que si el robot estuviera disponible, le gustaría seguir participando.

Finalmente, en relación a la valoración cualitativa del sistema robótico por parte de los profesionales clínicos como se indica en la Tabla 31, el 66,6% consideran que los pacientes han mejorado con la rehabilitación motora realizada por la plataforma robótica, mientras que un 33,3% (1 profesional) indica que no saben o no contesta porque para valorar este criterio necesitaría aumentar el tiempo del pilotaje. En relación a la pregunta que si les gustaría que los pacientes continuaran con la terapia proporcionada por el robot, todos coinciden (100%) en que sí.

En relación a la comparación de los resultados de este pilotaje con estudios de la literatura, al igual que el sistema de mHealth diseñado, hay que indicar que no se puede realizar ninguna comparación debido a que los diseños de los estudios de la literatura son totalmente diferentes al pilotaje realizado con esta plataforma y por tanto hace que no se pueda comparar.

### **7.3. Discusión sobre la viabilidad de la implantación**

La viabilidad de la implantación de los sistemas se indica en el Capítulo 6. Cabe destacar en este apartado que el análisis de los costes de los tratamientos convencionales es complejo y hay que tener en cuenta numerosas variables y particularidades para cada caso, siendo incluso objeto sólo de una tesis. Dada la dificultad en extraer esta información y para ser lo más objetivo posible, se ha tomado como referencia los costes de los tratamientos que actualmente tiene el SAS publicado en su web, aunque también es otra limitación del estudio.

### **7.4. Futuras líneas de investigación**

Para finalizar este Capítulo, se indican las líneas futuras de investigación y desarrollo de ambos sistemas. En relación al sistema de telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido, se plantea la realización de fichas de entrenamiento propias del sistema que aborden diferentes áreas de la rehabilitación cognitiva para que no dependa el sistema de soluciones comerciales como Smartbrain, dado que el sistema está preparado para ello. Actualmente se han realizado 150 fichas de las categorías atención, cálculo, lenguaje, memoria, orientación, percepción visual, praxias y procesos de pensamiento. La inclusión de fichas propias además de hacer al sistema independiente, reduciría el coste asociado a la contratación de servicios web de aplicaciones como la de Smartbrain.

Por otro lado, también se está trabajando en la inclusión de nuevos interfaces para la aplicación del paciente basados en reconocimiento de voz, gesto o mirada además del interfaz táctil que ya tiene implementada la aplicación actual. Con la inclusión de estos nuevos interfaces posibilitaría ampliar el espectro de pacientes,

relajando las condiciones de inclusión definidas en el diseño del piloto. El desarrollo de estos nuevos interfaces se está realizando en colaboración con la Universidad de Alicante en el marco del proyecto de investigación titulado “Desarrollo de un sistema integral de monitorización e interacción para personas con daño cerebral adquirido y dependientes, SIRMAVED”, que financia el Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria retos de investigación y cuyo número de expediente es DPI2013-40534-R.

Por último, esta aplicación también se ha presentado a la unidad de oncología pediátrica del Hospital Universitario Virgen del Rocío. Los pacientes infantiles que reciben tratamiento radioterápico pueden sufrir secuelas cognitivas y requieren una rehabilitación. En ese sentido, la unidad va a empezar a utilizar la aplicación diseñada con estos pacientes, tras el diseño e inclusión de fichas propias de rehabilitación cognitiva para este perfil. Las fichas actualmente están siendo diseñadas y desarrolladas por la unidad de oncología pediátrica y la Asociación Española para los efectos del tratamiento del Cáncer, HERO. Dicha asociación colabora con la unidad en la evaluación de dichos pacientes.

Como líneas futuras del sistema robótico de rehabilitación motora de pacientes pediátricos con PBO y PCI, se plantea la incorporación de nuevos juegos y áreas a entrenar además del miembro superior, como el miembro inferior, motricidad fina, etc. También se plantea la inclusión de la rehabilitación cognitiva y la aplicación de la robótica a otro tipo de pacientes con necesidades de rehabilitación motora o cognitiva, como podrían ser pacientes adultos con daño cerebral adquirido u otro tipo de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, el Parkinson, etc.

Por otro lado, también se está trabajando en el potencial que tiene la robótica en la evaluación de los pacientes. La robótica proporciona un sistema objetivo que mide la evolución de los pacientes, más allá de las escalas de medida que no son personalizadas. Además, por el pilotaje realizado con los pacientes pediátricos se deduce que cuando éstos son evaluados por el robot, los pacientes se encuentran más desinhibidos y se muestran de una forma más natural. Asimismo, la evaluación del paciente por parte del robot optimizaría el tiempo del profesional. Esta línea actualmente se está trabajando en el proyecto titulado *smart Clinic Assistan Robot for CGA*, Clark, que financia la convocatoria ECHORD, del Séptimo Programa Marco de la Comisión europea, cuya autora de la presente Tesis es la investigadora principal del proyecto. En este proyecto además del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla participa la Universidad Carlos III de Madrid, Universidad de Málaga y la empresa de robótica Metralabs. El proyecto finaliza en Diciembre del 2018.





## Capítulo 8 Conclusiones

En la presente Tesis se han diseñado y validado dos sistemas de rehabilitación. Un sistema basado en tecnologías de mHealth centrado en la rehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido y el segundo sistema basado en tecnologías robóticas para la rehabilitación motora de paciente pediátricos con PBO y PCI.

El sistema de telerehabilitación cognitiva se evaluó mediante la realización de un pilotaje en donde se reclutaron 8 pacientes con daño cerebral adquirido. El estudio se diseñó mediante el reclutamiento de un grupo control y un grupo experimental. El grupo control realizó la terapia convencional y el experimental haciendo uso del sistema de mHealth diseñado. Cada paciente realizó su terapia durante 4 meses. Se evaluaron diferentes variables y escalas de medidas. Como resultado se obtuvo que los pacientes que utilizaron la aplicación de telerehabilitación mejoraron considerablemente respecto al grupo control, que realizó el tratamiento convencional, en el control de espasmos digitales, en la memoria de trabajo, en la atención sostenida y en la flexibilidad cognitiva de manera global. Asimismo y dentro de la valoración neuropsicológica se ha obtenido mejoría en la abstracción, así como un aumento con su campo de interacción al disponer de resultados positivos en el test del reloj.

En relación a la evaluación sobre la aceptación de la tecnología, cabe destacar que los usuarios consideran que con el sistema mejorará la comunicación, que la rehabilitación es más personalizada y que reduce los desplazamientos al hospital. El paciente también percibe que con el sistema reduce la carga de trabajo de su familiar/cuidador y el familiar también valora muy positivamente que el sistema le ha ayudado a su familiar. Finalmente en la satisfacción global, el sistema está bien valorado por los usuarios de la tecnología, obteniendo una valoración global de 4,00 por los pacientes, 4,33 por los familiares/cuidadores y 4,25 por los profesionales sobre 5,00.

Como conclusiones del sistema de telerehabilitación cognitiva se destacan las siguientes:

- 1) Se ha diseñado y validado una aplicación de mHealth que posibilita la telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido.
- 2) El sistema diseñado mejora la accesibilidad de pacientes con daño cerebral adquirido a tratamientos cognitivos mediante el uso de tecnologías móviles.
- 3) El sistema permite optimizar el tiempo de pacientes y cuidadores dedicados al entrenamiento rehabilitador y seguimiento, al reducir la frecuencia de desplazamiento al centro hospitalario.

- 4) El sistema le facilita al profesional clínico el tratamiento personalizado, el seguimiento y evolución del paciente mediante el uso de mHealth y registros digitales.
- 5) Se ha validado la tecnología de mHealth en la rehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido proporcionando mejores resultados en rangos generales frente al tratamiento convencional.

Por otro lado, se validó la plataforma robótica de rehabilitación motora mediante la realización de un ensayo clínico cruzado en donde los niños participantes en el grupo experimental fueron sus propios controles. En total se reclutaron 8 pacientes. Para ello, los pacientes fueron evaluados y a continuación se incluyeron en el grupo control durante dos meses de duración. Tras los dos meses, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes y éstos se incluyeron en el grupo experimental realizando un entrenamiento de dos meses. Transcurridos los dos meses, los rehabilitadores evaluaron a los pacientes y finalizaron el estudio. Los pacientes fueron evaluados con diferentes variables y escalas de medidas. Según la Escala de Mallet y Quest (sólo para los pacientes PCI), los pacientes mejoraron en rangos generales su habilidad motora tras haber transcurrido su entrenamiento con la plataforma robótica, sobre todo los pacientes que acudieron a las todas sesiones programadas, frente al tratamiento convencional en donde no se detectan mejoras.

En relación a la evaluación de la aceptación de la tecnología, los pacientes, familiares y profesionales sanitarios la consideran de gran utilidad, fácil de usar y que funciona correctamente. Hay que resaltar que los familiares consideran que los pacientes realizan mejor los ejercicios que al empezar el entrenamiento con el robot (puntuación 4,50 respecto a 5,00). Esta visión también es compartida por los profesionales sanitarios al obtener este ítem una valoración de 4,33 sobre 5,00. Finalmente, los familiares en rangos generales consideran que los pacientes se sienten motivados para ir al hospital al realizar el entrenamiento con el robot.

En relación a la evaluación cualitativa del robot resaltar que el 62,5% de los familiares declara que su familiar paciente realiza movimientos que antes no podía realizar y el 66,6% profesionales de los profesionales sanitarios consideran que los pacientes han mejorado con la rehabilitación motora realizada por la plataforma robótica. Finalmente, los familiares y profesionales sanitarios coincidieron en un 100% en que si el robot estuviera disponible, le gustaría que su familiar o paciente pudiera continuar realizando el entrenamiento motor con esta plataforma.

Como conclusiones del sistema de rehabilitación motora basado en la robótica para paciente con PBO y PCI se destacan las siguientes:

- 1) Se ha diseñado un sistema robótico autónomo que permite la rehabilitación motora del miembro superior personalizada para el paciente, útil e intuitiva para el terapeuta.
- 2) El sistema incorpora refuerzos positivos que motivan y guían a los pacientes en su tratamiento, mejorando la adherencia de éstos a la terapia.
- 3) Se ha validado la tecnología robótica en la rehabilitación de pacientes pediátricos con necesidades motoras frente a tratamientos convencionales, proporcionando buenos resultados.
- 4) El sistema permite monitorizar y llevar a cabo un seguimiento de la evolución del estado de cada paciente.



## Publicaciones

### Publicaciones en revistas:

- Cristina Suárez-Mejías, María José Zarco Perriñán, Juana Barrera, María Del Mar Elena Pérez, Pedro Infante Cossío y Carmen Echevarría Ruiz De Vargas, mHealth aplicada a la telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido, *Rehabilitación*, Elsevier (enviado a la revista *Rehabilitación*, en proceso de revisión).
- Cristina Suárez-Mejías, Álvaro Dueñas Ruiz, Patricia Ferrand Ferri, María Encarnación Martínez Sahuquillo, Fernando Fernández, José Carlos Pulido, Pedro Infante Cossío y Carmen Echevarría Ruiz De Vargas, Diseño y evaluación de plataforma robótica para la rehabilitación motora de pacientes pediátricos con parálisis cerebral y parálisis braquial obstétrica, *Rehabilitación*, Elsevier (enviado a la revista *Rehabilitación*, en proceso de revisión).
- Jose Carlos Pulido, Jose Carlos González, Cristina Suárez, Antonio Banderas, Pablo Bustos y Fernando Fernández, Evaluating the Child-Robot Interaction of NAOTherapist Platform in Pediatric Rehabilitation, *Int J of Soc Robotics*, DOI 10.1007/s12369-017-0402-2. 8 April 2017.
- Alejandro Martín, Ángel García, José Carlos González, José Carlos Pulido, Fernando Fernández, Cristina Suárez Mejías. Therapy Monitoring and Patient Evaluation with Social Robots. 3rd Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques (REHAB), 2015:152:155. doi:10.1145/2838944.2838981.
- José Carlos González, José Carlos Pulido, Fernando Fernández, Cristina Suárez Mejías. Planning, Execution and Monitoring of Physical Rehabilitation Therapies with a Robotic Architecture. European Federation for Medical Informatics. 26th Medical Informatics Europe conference (MIE). *Stud Health Technol Inform*, 2015; 210:339-43. doi:10.3233/978-1-61499-512-8-339.
- Luis Vicente Calderita, Luis Manso, Pablo Bustos, Cristina Suárez Mejías, Fernando Fernández and Antonio Bandera. THERAPIST: Towards an Autonomous Socially Interactive Robot for Motor and Neurorehabilitation Therapies for Children. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 2015; 1(1): 1-24.
- María José Morón, Raquel Yáñez, Daniel Casado, Cristina Suárez Mejías, José Luis Sevillano. A Mobile Memory Game for Patients with Acquired Brain Damage: A preliminary usability Study. International conference on Biomedical and Health Informatics, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2014:302:305.
- Luis Vicente Calderita, Pablo Bustos, Cristina Suárez Mejías, Fernando Fernández and Antonio Bandera. Therapist: Towards an autonomous socially interactive robot for motor and neurorehabilitation therapies for children. *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, IEEE Explore, 2013: 374,377.
- Luis Vicente Calderita, Pablo Bustos, Cristina Suárez Mejías, Fernando Fernández, Raquel Viciano, Ignacio García-Varea, Antonio Bandera. Asistente Robótico Interactivo para Terapias de Rehabilitación con Pacientes de

Pediatría. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Elsevier, 2013: 1-9.

- Cristina Suárez Mejías, Carmen Echevarría, P. Núñez, Luis Manso, Pablo Bustos, Sandra Leal and Carlos Parra. Ursus: A Robotic Assistant for Training of Children with Motor Impairments. *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation, Biosystems & Biorobotics*, Springer, ISSN 2195-3562, DOI 10.1007/978-3-642-34546-3, 2012:249-254.
- Cristina Suárez Mejías, Carlos Parra Calderón, José María De la Higuera González, Sergio Fínez Martínez, Cecilio Angulo Bahon, D. López De Ipiña, R. Del Coso López, M. Loichate Cid, D. Del Rio Rodríguez, Sergio Plana Farnós, Pablo Bustos García, Antonio Yuste Marco, F. Massana Guitar, J. L. Lázaro Cornejo, J. L. Rey Serrano. La robótica al servicio de la salud: Caso de aplicación robótica para la atención sanitaria de la salud infantil. *Revista I+S informática y Salud. Sociedad Española de Informática de la Salud*, 2009; 77:30-42, ISSN: 1579-8070.

#### Publicaciones en congresos:

- Antonio Bandera, Juan Pedro Bandera, Pablo Bustos, Luis V. Calderita, Álvaro Dueñas, Fernando Fernández, Raquel Fuentetaja, Ángel García-Olaya, Francisco Javier García-Polo, José Carlos González, Ana Iglesias, Luis J. Manso, Rebeca Marfil, José Carlos Pulido, Christian Reuther, Adrián Romero-Garcés and Cristina Suárez. CLARC: a Robotic Architecture for Comprehensive Geriatric Assessment. 17th Workshop of Physical Agents (WAF), Malaga (Spain), June 2016.
- Alejandro Martín, Ángel García, José Carlos González, José Carlos Pulido, Fernando Fernández, Cristina Suárez Mejías. Patient Evaluation in Therapies with Social Robots. REHAB 2015 – 2nd International conference on preservation, maintenance and rehabilitation of historic buildings and structures, Porto, Portugal, 22-24 June 2015.
- José Carlos González, José Carlos Pulido, Fernando Fernández, Cristina Suárez Mejías. Planning, Execution and Monitoring of Physical Rehabilitation Therapies with a Robotic Architecture. Medical Informatics Europe Digital healthcare empowering Europeans, MIE, Madrid, Spain, 27-29 May 2015.
- José Carlos Pulido, José Carlos González, Antonio González-Ferrer, J. García, Fernando Fernández, Antonio Bandera, Pablo Bustos, and Cristina Suárez Mejías. Goal-directed Generation of Exercise Sets for Upper-Limb Rehabilitation. Knowledge Engineering for Planning and Scheduling workshop (KEPS), ICAPS, pp. 38–45, Portsmouth USA, June 2014,
- Cristina Suárez Mejías, Mónica Parejo, Ana Naranjo, Carmen Echevarría, José Barros, Rosario Diez, Germán Escobar, Mar Elena and Carlos Parra. Mhealth: cognitive telerehabilitation of patients with acquired brain damage. XIII Mediterranean Conference on Medical Biological Engineering and Computing, Seville, Spain, 25-28 September, 2013.
- Luis Vicente Calderita, Pablo Bustos, Cristina Suárez Mejías, Begoña Ferrer and Antonio Bandera. Rehabilitation for children while playing with a robotic assistant in a serious game. International Congress on Neurotechnology,

Electronics and Informatics, Vilamoura, NEUROTECHNIX, Portugal, 10-20 September 2013.

- Luis Vicente Calderita Estévez, Pablo Bustos García de Castro, Cristina Suárez Mejías, Fernando Fernández Rebollo and Antonio Bandera Rubio. Towards an Autonomous Socially Interactive Robot for Motor and Neurorehabilitation Therapies for Children. REHAB 2013, Venice, Italy, 5 May 2013.
- María José Zarco Perriñán, Begoña Ferrer, María Barrera, Carmen Echevarría, Bosco Méndez, Cristina Suárez Mejías, I. García, Ana Naranjo and Carlos Parra. Feasibility of telerehabilitation system for cognitive treatment in Brain Injury patients. International Conference on Recent Advances in Neurorehabilitation, (ICRAN 2013), Valencia, Spain, 7-8 March 2013.
- Ana Belén Naranjo-Saucedo, Cristina Suárez Mejías, Carlos Luis Parra, Patricia Olevar, Mónica Parejo, Irene Monge, María José Zarco-Perriñán. Plataforma de Telemedicina para pacientes con daño cerebral adquirido. XIV Congreso Nacional de Informática Médica, Madrid, España, Informed 2012.
- Carmen Echevarría Ruiz de Vargas y Cristina Suárez Mejías. Implantación Telerehabilitación y Robótica Social en UGC de Rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío. 50º Congreso de la Sociedad Española de Medicina Física y Rehabilitación (SERMEF), Córdoba, España, 15-18 de Mayo del 2012.
- Mónica Parejo y Cristina Suárez Mejías App. en Salud: aplicaciones para móviles en Salud: mhealth. Innovando en Jueves, Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, Sevilla, España 28 de Marzo del 2012.
- Ana Naranjo-Saucedo, Cristina Suárez Mejías, Pablo Bustos, Luis Vicente Calderita, R. Cintas, P. Bachiller and Carlos Parra-Calderón. Robotic platform as assistant to training of children with motor impairments. III Workshop de Robótica: robótica experimental, Sevilla, España, 28-29 Noviembre del 2011.
- Cristina Suárez Mejías, Ana Naranjo-Saucedo, Carmen Echevarría, Carlos Parra y Sandra Leal. Robotic Assistant and innovation technologies for motor rehabilitation. YR-RISE reloaded 3rd Young Researchers, & PhD Workshop. AAL Forum Partnerships for Social Innovation in Europe, Lecce, Italy, 26-28 September 2011.
- Cristina Suárez Mejías. La robótica social como herramienta psicoterapéutica. Jornada de Innovación en Robótica Social ROBOTCIÓN, Oviedo, España, 23 de Noviembre del 2010.
- Ana B. Naranjo Saucedo, Cristina Suárez Mejías, N. Nuño, Esther González, Sergio Fínez, Carlos Parra y José María De la Higuera. Robotics for psycho-affective service applied to children health. 7th European symposium on biomedical engineering, Chakilidi, Greece, May 28-29, 2010.





## Referencias bibliográficas

- (Agostini et al, 2014) Agostini, M., Garzón, M., Benavides-Varela, S., De Pellegrin, S., Bencini, G., Rossi, G., Tonin, P. (2014). Telerehabilitation in poststroke anomia. *BioMed research international*.
- (Arias, 2009) Arias Cuadrado, A. (2009) Rehabilitación del ACV: evaluación, pronóstico y tratamiento. *Galicia Clin.* 70(3), pp. 25-40.
- (Audebert y Schwamm, 2009) Audebert H, Schwamm L (2009). Telestroke: Scientific Results. *Cerebrovasc Dis.* 28(4), pp. 323-330.
- (Bergquist et al, 2014) Bergquist, T. F., Yutsis, M., Sullan, M. J. (2014). Satisfaction with Cognitive Rehabilitation Delivered via the Internet in Persons with Acquired Brain Injury. *International journal of telerehabilitation*, 6(2), pp. 39.
- (Breedon, 2016) Breedon, L. E. (2016). Occupational Therapy Home Safety Intervention via Telehealth. *International journal of telerehabilitation*, 8(1), pp. 29.
- (Brewer et al, 2003) Brewer, B.R., Klatzky, R., Matsuoka, Y. (2003) Feedback distortion to overcome learned nonuse: a system overview, *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, pp. 1613-1616.
- (Cason, 2014) Cason, J. (2014). Telehealth: a rapidly developing service delivery model for occupational therapy. *International journal of telerehabilitation*, 6(1), pp. 29.
- (Chumber et al, 2010) Chumber, N. R., Quigley, P., Sanford, J., Griffiths, P., Rose, D., Morey, M, Hoenig, H. (2010). Implementing telerehabilitation research for stroke rehabilitation with community dwelling veterans: Lessons learned. *International journal of telerehabilitation*, 2(1), pp. 15-22.
- (Coleman et al, 2015) Coleman, J. J., Frymark, T., Franceschini, N. M., Theodoros, D. G. (2015). Assessment and treatment of cognition and communication skills in adults with acquired brain injury via telepractice: A systematic review. *American journal of speech-language pathology*, 24(2), pp. 295-315.
- (Colombo et al, 2007) Colombo, R., Pisano, F., Mazzone, A., Delconte, C., Micera, S., Carrozza, N., Dario, P., Minuco, G. (2007) Design strategies to improve patient motivation during robot-aided rehabilitation, *Journal of NeuroEngineering Rehabilitation* 4(3).
- (Davis, 1989) Davis F.D. (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13 (3).
- (Davis et al, 1989) Davis F.D., Bagozzi R.P.,Y Warsaw P.R. (1989) User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Sciences*, 35 (8).
- (Dobkin, 2004) Dobkin, D.H. (2004) Strategies for stroke rehabilitation, *Lancet Neurol.* 3, pp. 528-536.
- (Eimler et al, 2010) Eimler S., Pütten A., Schächtle U., Carstens L., Krämer N. (2010). Following the white rabbit - A robot rabbit as vocabulary trainer for beginners of English. In Leitner, G. Hitz, M., y Holzinger, A., (Eds.): *HCI in Work and Learning, Life and Leisure*, pp. 322-339.

- (Forducey et al, 2012) Forducey P, Glueckauf R, Berquist T et al (2012) Telehealth for Persons with severe functional disabilities and their caregivers: Facilitating self-care management in the home setting, *Psychological Services*, 9(2), pp.144-162, DOI 10.1037/a0028112.
- (García y Restrepo, 2011) García, L.F., Restrepo, S.L. (2011) Alimentar y nutrir a un niño con parálisis cerebral. Una mirada desde las percepciones. *Invest Educ Enferm.*; 29(1), pp. 28-39.
- (García-Molina et al, 2010) García-Molina A, Gómez A, et. al. (2010) Programa clínico de tele-rehabilitación cognitiva en el traumatismo craneoencefálico. *Trauma Fund Mapfre* 21 (1), pp. 58-63.
- (Gilliaux et al, 2014) Gilliaux, M., Renders, A., Dispa, D., Holvoet, D., Sapin, J., Dehez, B., Detrembleur, C., Lejeune T.M., Stoquart, G. (2014). Upper Limb Robot-Assisted Therapy in Cerebral Palsy A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and neural repair*.
- (Haley et al, 2011) Hailey, D., Roine, R., Ohinmaa, A., Dennett, L. (2011). Evidence of benefit from telerehabilitation in routine care: a systematic review. *Journal of telemedicine and telecare*, 17(6), pp. 281-287.
- (Hassan y Martín, 2004) Hassan, Y. Martín, F. (2004). Propuesta de adaptación de la metodología de diseño centrado en el usuario para el desarrollo de sitios web accesibles. *Revista española de documentación científica*, 27 (3), pp. 330-344.
- (How et al, 2015) How, T. V., Hwang, A. S., Green, R. E., Mihailidis, A. (2015). Envisioning future cognitive telerehabilitation technologies: a co-design process with clinicians. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, pp. 1-18.
- (Huang y Krakauer, 2009) Huang, V. and Krakauer, J. (2009) Robotic neurorehabilitation: a computational motor learning perspective, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 6(5).
- (Kelly-Hayes et al, 1998) Kelly-Hayes M., Robertson J.T., Broderick J.P., Duncan P.W., Hershey L.A., Roth E.J., Thies W.H., Trombly C.A. (1998). The American Heart Association Stroke Outcome Classification: executive summary. *Circulation*, 97(24), pp. 2474-8.
- (Lai et al, 2014) Lai J, Woo J et al. (2004) Telerehabilitation a new model for community-based stroke rehabilitation. *J Telemed Telecare*, 10, pp. 199–205.
- (Leocani y Comi, 2006) Leocani, L. and Comi, G. (2006) Electrophysiological studies of brain plasticity of the motor system, *Neurological Sciences* 27(1), pp. 27-29.
- (Libin y Libin, 2004) Libin, A. V. and Libin, E.V. (2004) Person-robot interactions from the robopsychologists' point of view: the robotic psychology and robototherapy approach. *Proceedings of the IEEE*, 92 (11), pp. 1789-1803.
- (Matarić et al, 2007) Matarić, M., Eriksson, J., Feil-Seifer, D., Winstein, C. (2007) Socially assistive robotics for post-stroke rehabilitation, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4.
- (Mead et al, 2010) Mead, R., Wade, E.R., Johnson, P., St. Clair, A., Chen, S., Matarić, M.J. (2010) An architecture for rehabilitation task practice in socially assistive human-robot interaction, in *Proc. 19th IEEE Intern. Symposium in Robot and Human Interactive Communication (Ro-Man 2010)*, pp. 404-409.
- (Ministerio de Sanidad y Política social, 2009) Ministerio de Sanidad y Política social, (2009) *Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud*.

- (Moreno et al, 2006) Moreno, L. Martinez, P. Ruiz, B (2006). Aplicación de técnicas de usabilidad con inclusión en la Fase de Análisis de Requisitos. *Interacción 2006*, VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Ciudad Real, España, pp. 196-206.
- (Okamura et al, 2010) Okamura, A., Matarić, M.J., Christensen, H. (2010) Medical and health-care robotics, *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 26-37.
- (Realdon et al, 2016) Realdon, O., Rossetto, F., Nalin, M., Baroni, I., Cabinio, M., Fioravanti, R., Nemni, R. (2016). Technology-enhanced multi-domain at home continuum of care program with respect to usual care for people with cognitive impairment: the Ability-Telerehabilitation study protocol for a randomized controlled trial. *BMC psychiatry*, 16(1), pp. 425.
- (Rietdijk et al, 2012) Rietdijk R, App B, Toguer L et al (2012) Supporting family members of people with traumatic brain injury using telehealth: a system review. *J rehabil Med* 44, pp. 913-921.
- (Robins et al, 2010) Robins, B., Ferrari, E., Dautenhahn, K., Kronreif, G., Prazak-Aram, B., Gelderblom, G.J., Bernd, T., Caprino, F., Laudanna, E., Marti, P. (2010) Human-centred design methods: Developing scenarios for robot assisted play informed by user panels and field trials. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* pp. 873-898.
- (Ronda, 2013) Ronda, R. (2013). Diseño de Experiencia de Usuario: etapas, actividades, técnicas y herramientas. En: *No Solo Usabilidad*, 12, ISSN 1886-8592.
- (Saerbeck et al, 2010) Saerbeck M., Schut T., Bartneck C., Janse M. D. (2010). Expressive robots in education- varying the degree of social supportive behavior of a robotic tutor. *CHI'10 Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 1613- 1622.
- (Santos et al, 2015) Santos, C. D., Alvarez, L. P. C. (2015). APPS gratuitas para el entrenamiento cognitivo y la comunicacion. CEAPAT. AT. Tecnología y Comunicación
- (Schwamm et al, 2009) Schwamm LH, Audebert HJ, Amarenco P et al (2009) Recommendations for the implementation of telemedicine within stroke systems of care: A policy statement from the american heart association. *Stroke*, 40, pp. 2635-2660.
- (Shin y Kim, 2007) Shin, N. and Kim, S. (2007). Learning about, from, and with Robots: Students' perspectives. *ROMAN2007*, pp. 1040-1045.
- (Solana et al, 2015) Solana, J., Cáceres, C., García-Molina, A., Opisso, E., Roig, T., Tormos, J. M., Gómez, E. J. (2015). Improving brain injury cognitive rehabilitation by personalized telerehabilitation services: guttmann neuropersonal trainer. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 19(1), 124-131.
- (Taylor et al, 2009) Taylor DM, Cameron JI, Walsh L, et al (2009) Exploring the Feasibility of Videoconference Delivery of a Self- Management Program to Rural Participants with Stroke. *Telemed J E Health.*, 15 (7), pp. 646-654.
- (Turkstra et al, 2012), Turkstra L, Quinn-Padron M, Johnson J (2012) In Person Versus Telehealth assessment of discourse ability in adults with traumatic brain injury, *J Head Trauma Rehabil*, 27(6), pp. 424-432.

- (Van de Ven et al, 2015) Van de Ven, R. M., Schmand, B., Groet, E., Veltman, D. J., Murre, J. M. (2015). The effect of computer-based cognitive flexibility training on recovery of executive function after stroke: rationale, design and methods of the TAPASS study. *BMC neurology*, 15(1), pp. 144.
- (Wilk y Johnson, 2014) Wilk R and Johnson, M.J (2014) Usability feedback of patients and therapists on a conceptual mobile service robot for inpatient and home-based stroke rehabilitation, In *Proc. of 5th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob)*, pp. 438-443.
- (*World Federation of Occupational Therapists'*, 2014) World Federation of Occupational Therapists, (2014). Position Statement on Telehealth. *International journal of telerehabilitation*.
- (*World Health Organization*, 2004) World Health Organization. "The Global Burden of Disease: 2004 Update". 2008. ISBN: 978924 1563710.
- (*World Health Organization*, 2007) Health Statistics and Health information Systems. World Health Organization (2007).
- (Yanes et al, 2014) Yanes Sierra V., Sandobal De la Fe E.C., Camero Álvarez D., Ojeda Delgado L. (2014) Parálisis braquial obstétrica en el contexto de la rehabilitación física temprana. *Medisur* 12 (4), pp. 635-649.
- (Zucchella et al, 2016) Zucchella, C., Di Santis, M., Ciccone, B., Pelella, M., Scappaticci, M., Badalassi, G., Bartolo, M. (2016). Is telemonitoring useful for supporting persons with consciousness disorders and caregivers? A preliminary observational study in a real-life population. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 1357633X16673273.

## Anexos

### Anexo I: Vistas de la aplicación para la telerehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido desarrollada

El sistema de telerehabilitación es una aplicación cliente servidor que consta de una aplicación web para uso por parte de los profesionales clínicos en ordenadores convencionales de las consultas del hospital y una aplicación móvil para que el paciente pueda realizar la rehabilitación y teleconsulta desde su domicilio utilizando una tablet. A continuación, se muestran las diferentes vistas de las dos aplicaciones.

#### Vistas aplicación profesional sanitario:

Centrándose en la aplicación web desarrollada para los profesionales sanitarios, la primera figura que se visualiza (Fig. 1), es la vista de entrada en donde los profesionales sanitarios se logan para poder entrar en el sistema.



**Fig. 1** Vista de la aplicación web del profesional sanitario para logarse y poder acceder al sistema  
137

La Fig. 2 muestra la vista de la aplicación de telerehabilitación del perfil de un médico rehabilitador. El médico en dicha vista gestiona a los pacientes que tiene asignados y puede dar de alta a un nuevo paciente mediante la opción “Nuevo paciente”.



Fig. 2 Vista de la aplicación web del médico rehabilitador para la gestión de pacientes.

La Fig. 3 muestra el perfil del terapeuta ocupacional una vez que se loga en la aplicación. Como se puede observar en la Fig. 2 y 3, se muestra como primera pantalla los pacientes que tiene asignado para hacer seguimiento. En el caso del terapeuta ocupacional, no puede dar de alta a un nuevo paciente como el médico rehabilitador, pero si puede revisar su entrenamiento, definir el PEP, realizar videoconferencia y acceder a la evaluación del paciente al igual que el rehabilitador.



**Fig. 3** Vista de la aplicación web del terapeuta ocupacional para la gestión de pacientes

Una vez que el profesional sanitario accede a la ficha de un paciente, como se puede ver en la Fig. 4 puede acceder a las valoraciones, para evaluar ejercicios pendientes o ver valoraciones anteriores o diseñar el plan de entrenamiento.

plataforma móvil de tele**NEURO**rehabilitación

Pacientes Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales Ejercicios Plan Entrenamiento

Ficha del paciente

Acceder a Valoraciones Diseñar Plan Entrenamiento

Datos personales del paciente

DNI \* 27538733M Nombre \* paciente

Apellido 1 \* apellidos Apellido 2 \* apellidos

Teléfono \* 955013664 NUHSA \* 123456789

Correo Electrónico \* proyectomsalud@yopmail.com

Dirección sevilla

Centro Hospitalario \* HUVR

Tablet PC Seleccione

Usuario de Acceso paapap

Datos del familiar o cuidador/a

Nombre \* cuidador Apellido 1 \* apellidos

Apellido 2 \* apellidos Teléfono \* 955013664

DNI \* 49580176L

Correo Electrónico \* proyectomsalud@yopmail.com

Dirección sevilla

**Fig. 4** Vista de la aplicación web del profesional sanitario dentro de la ficha de un paciente

Si el terapeuta (aunque también el rehabilitador puede realizar esta acción) decide diseñar el plan de entrenamiento, una vez que accede a diseñar plan de entrenamiento, la vista que se le muestra es la que se puede observar en la Fig. 5. En dicha vista se muestra un listado de fichas de entrenamiento propias diseñadas para la aplicación de mHealth con un filtro por categorías. Seleccionando las fichas se le asignarán al paciente.

plataforma móvil de teleNEUROrehabilitación

Pacientes Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales Ejercicios Plan Entrenamiento

Plan de Entrenamiento Personalizado

Paciente: paciente apellidos apellidos

Ordenar plan de entrenamiento Volver

Búsqueda en Ejercicios Disponibles o Asignados

Categoría Seleccione categoría... Subcategoría Seleccione subcategoría...

Nivel Buscar en Ejercicios Disponibles Buscar

Aplicar Cambios

Ejercicios Disponibles

Seleccione ejercicios a INCLUIR en el plan de entrenamiento y pulse Aplicar Cambios

<input type="checkbox"/>	ID	Categoría	Subcategoría	Nivel	Descripción
<input type="checkbox"/>	309	ATENCIÓN	FOCAL	1	1. MARCA ELEMENTO DIFERENTE a
<input type="checkbox"/>	353	ATENCIÓN	DIVIDIDA	3	3. UNE ALTERNANDO ELEMENTOS ORDENADO

Ejercicios Asignados

Seleccione ejercicios a QUITAR del plan de entrenamiento pulse Aplicar Cambios

<input type="checkbox"/>	ID	Categoría	Subcategoría	Nivel	Descripción	Orden
<input type="checkbox"/>	367	ATENCIÓN SELECTIVA		2	2. MARCA CAMINO DE UNIÓN e	

**Fig. 5** Vista de la aplicación web para diseñarle el plan de entrenamiento personalizado del paciente.

Si por el contrario quiere valorar los ejercicios que ha realizado el paciente accedería a la opción “Acceder a Valoraciones” de la Fig. 4 y la vista que se muestra es la de Fig. 6. En dicha vista, el terapeuta o rehabilitador puede acceder a videoconferencias realizadas con el paciente, a la consulta de ejercicios realizados en la aplicación Smartbrain (Herramienta Web PEP), resultados del plan de entrenamiento (fichas propias) y resultado de ejercicios figuras (los realizados durante las evaluaciones). Por defecto, se muestra las videoconferencias realizadas.

plataforma móvil de teleNEUROrehabilitación

Pacientes Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales Ejercicios Plan Entrenamiento

Ficha del paciente. Valoraciones

Paciente: paciente apellidos apellidos

Videoconferencia Herramienta Web PEP Resultados Plan Entrenamiento Ejercicios Figuras

Perfil Todos Fecha Desde Fecha Hasta

Buscar Valoraciones Videoconferencias

Resultado Valoraciones VideoConferencias

Profesional	Perfil	Fecha Valoración	Duración	Consultar
Médico Apellidos Apellidos	Neurorehabilitador	14/04/2015 10:28	08:45	🔍
Médico Apellidos Apellidos	Neurorehabilitador	13/11/2014 10:57	05:36	🔍
Médico Apellidos Apellidos	Neurorehabilitador	18/06/2013 11:03	00:29	🔍



**Fig. 6** Vista de la aplicación web cuando el profesional sanitario acceden a las valoraciones del paciente.

Si el terapeuta o el rehabilitador accede a herramientas web PEP (resultados de Smartbrain) hay que tener en cuenta que la programación de ejercicios de Smartbrain se realiza desde fuera de la aplicación diseñada, dado que es una aplicación externa comercial diferente. Smartbrain lo que permite es exportar los resultados de los ejercicios realizados en formato Excel y la aplicación de mHealth desarrollada sí que se diseñó para que interpretara la Excel correctamente. Previamente el terapeuta o rehabilitador debe de descargarse manualmente los resultados de los pacientes e importarlos desde la pantalla principal seleccionando la opción de “Importación Ejercicios cognitivos” de la Fig. 2 o 3. En la Fig. 7 se muestran los resultados de los ejercicios realizados, en donde se puede realizar filtros por categorías y por fechas, así como generar gráfica con los resultados del paciente en cada área de entrenamiento.



**Fig. 7** Vista de la aplicación web al acceder a las valoraciones del paciente herramienta Web PEP.

La Fig. 8 muestra la vista web si el profesional sanitario accede a resultados de plan de entrenamiento, que son las fichas propias diseñadas para esta aplicación.

Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

plataforma móvil de teleNEUROrehabilitación

Pacientes Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales Ejercicios Plan Entrenamiento

Ficha del paciente. Valoraciones

Paciente: paciente apellidos apellidos

Videoconferencia Herramienta Web PEP Resultados Plan Entrenamiento Ejercicios Figuras

Fecha Desde Fecha Hasta Buscar

Resultados de Ejercicios PEP

Categoría	Subcategoría	Ejercicio	Fecha Realización	Consultar
ATENCIÓN	SELECTIVA	2. MARCA CAMINO DE UNIÓN e	09/02/2017 09:45	🔍
ATENCIÓN	SELECTIVA	2. MARCA CAMINO DE UNIÓN e	03/12/2015 11:53	🔍

**Fig. 8** Vista de la aplicación web al acceder a las valoraciones del paciente de las fichas de entrenamiento propias de la aplicación.

En la Fig. 9 se muestra cuando se consulta una ficha en concreto. Como se puede observar, en este espacio el terapeuta o rehabilitador puede puntuar la ficha y se quedaría registrado dicha puntuación, la fecha y el profesional que lo ha puntuado. Aunque la ficha esté puntuada, si otro profesional considera otra puntuación puede indicarla en la aplicación y ambas puntuaciones serán registradas.

Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

plataforma móvil de teleNEUROrehabilitación

Pacientes Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales Ejercicios Plan Entrenamiento

Valoración Ejercicio Figuras

Paciente: paciente apellidos apellidos

Resultado Ejercicio Plan Entrenamiento

Categoría: ATENCIÓN  
Subcategoría: SELECTIVA  
Nivel 2  
Descripción Ejercicio: 2. MARCA CAMINO DE UNIÓN e  
Paciente: paciente apellidos apellidos  
Tiempo Resolución: 00:00:30  
Fecha Realización: 09/02/2017 09:45:24

Puntuación:   
Profesional:   
Fecha Puntuación:

¿Con qué letra está emparejada cada figura?

**Fig. 9** Vista de la aplicación web al acceder a las valoraciones a una ficha propia de la aplicación de entrenamiento realizada por el paciente.

En la Fig. 10 se muestra la vista al seleccionar “evaluación figuras”, que son las figuras que se les solicita a los pacientes en las evaluaciones por videoconferencia.

**Fig. 10** Vista de la aplicación web al acceder a Ejercicios figuras de un paciente realizada durante la videoconferencia de evaluación del paciente.

El profesional sanitario también podrá consultar incidencias o dudas que el paciente pueda tener. Para ello, como se muestra en la Fig. 11, el profesional sanitario debe de seleccionar “Buzón de incidencias”.

Id	Tipo Incidencia	Fecha Incidencia	NUHSA	Nombre	Primer Apellido	Segundo Apellido	Fecha Ultimo Estado	Estado Incidencia	Consultar
180		17/11/2011						Pendiente	

**Fig. 11** Vista de la aplicación web al acceder a buzón de incidencias.

Para acceder a la incidencia del paciente debe de pulsar “Consultar”. Una vez que acceda a la incidencia, podrá escuchar el mensaje de voz que el paciente le ha enviado como se muestra en la Fig. 12. Cuando resuelva la incidencia deberá de seleccionar “Resolver incidencia”, botón situado en la derecha de la Fig. 12

plataforma móvil de teleNEUROrehabilitación

Gestión de Pacientes Buzón de Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales

Monica Sanchez Leon

**Estados de la incidencia**

Paciente:

Id	Nombre Profesional	Primer Apellido Profesional	Segundo Apellido Profesional	Fecha Estado Incidencia	Estado Incidencia
192				25/11/2011 14:35:01	Pendiente

Resolver Incidencia

**Fig. 12** Vista de la aplicación web al acceder a una incidencia en concreto.

Si el profesional sanitario quiere realizar una videoconferencia con el paciente debe de contactar previamente por teléfono con el paciente y comunicarle el día y la hora prevista para realizar la videoconferencia. De esta forma, el paciente el día y a la hora acordada deberá de seleccionar el botón de videoconferencia en la tablet y quedarse a la espera a que el terapeuta o rehabilitador contacte con él. A continuación, para realizar la videoconferencia, el día y hora acordado previamente con el paciente, deberá de acceder a la web de mHealth a la pestaña de “Videoconferencia”. Si el paciente está conectado, aparece una luz verde al lado del nombre del paciente indicando que está disponible, como se puede ver en la Figura 13. Pulsando en “Contactar” podrás realizar la videoconferencia.

Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

plataforma móvil de teleNEUROrehabilitación

Gestión de Pacientes Buzón de Incidencias Videoconferencia Mensajería Datos Personales

Buscar paciente

NUHSA	DNI	Nombre	Primer Apellido	Segundo Apellido	Disponibilidad	Videoconferencia
					En espera	Contactar
					No disponible	Contactar

**Fig. 13** Vista de la aplicación web para realizar una videoconferencia con el paciente.

El sistema también tiene implementado una mensajería propia entre profesionales como se puede observar en la Fig. 14.



Fig. 14 Vista de la aplicación web de mensajería entre profesionales

Asimismo, los profesionales disponen de una opción en donde figura sus datos personales. Seleccionado dicha opción los datos personales podrán ser cambiados, como se puede observar en la Fig. 15.



Fig. 15 Vista de la aplicación web de datos personales

Finalmente, los terapeutas ocupaciones tiene la opción de poder editar o diseñar nuevas fichas, mediante la opción de “Ejercicios Plan de Entrenamiento”. En la Fig. 16 se muestra dicha vista. Si quieren modificar un ejercicio ya diseñado, sólo tienen que acceder al ejercicio. Si quieren diseñar uno nuevo, seleccionaran “Nuevo Ejercicio”.



**Ejercicios de Entrenamiento**

Nuevo Ejercicio

Categoría  Subcategoría  Nivel

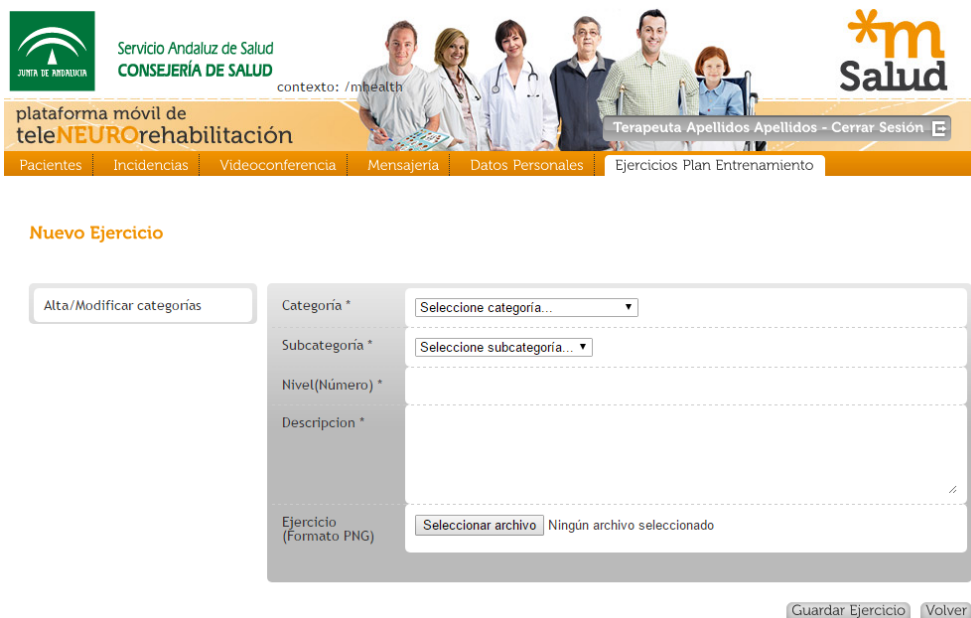
Buscar Ejercicios

Listado de Fichas

Id	Categoría	Subcategoría	Nivel	Descripción
80	ATENCIÓN	FOCAL	1	1. MARCA FRAGMENTOS IMAGEN a
81	ATENCIÓN	FOCAL	1	1. MARCA FRAGMENTOS IMAGEN b
82	ATENCIÓN	FOCAL	2	2. MARCA ELEMENTO DIFERENTE a
83	ATENCIÓN	FOCAL	2	2. MARCA ELEMENTO DIFERENTE b

**Fig. 16** Vista de la aplicación web de Ejercicios Plan de Entrenamiento.

En dicha pestaña podrán definir nuevos ejercicios, categorías y subcategorías como se puede observar en la Fig. 17. Para ello, el terapeuta o da de alta una categoría y subcategoría o la selecciona dentro de un listado, indica el nivel, describe el ejercicio y sube la imagen en formato .png de la ficha.



**Nuevo Ejercicio**

Alta/Modificar categorías

Categoría \*

Subcategoría \*

Nivel(Número) \*

Descripción \*

Ejercicio (Formato PNG)  Ningún archivo seleccionado

Guardar Ejercicio Volver

**Fig. 17** Vista de la aplicación web para editar un nuevo ejercicio.

## Vista del paciente la aplicación móvil de telerehabilitación



A continuación, se muestra la vista de la aplicación móvil del paciente. La cual es mucho más sencilla. El paciente dispone de cuatro iconos como se puede observar en la Fig. 18. De izquierda a derecha, el primero es para realizar el entrenamiento, el segundo para realizar la videoconferencia, el tercero para acceder a su agenda y datos personales y el cuarto y último para consultar dudas o enviar alguna incidencia.



**Fig. 18** Vista de la aplicación móvil del paciente

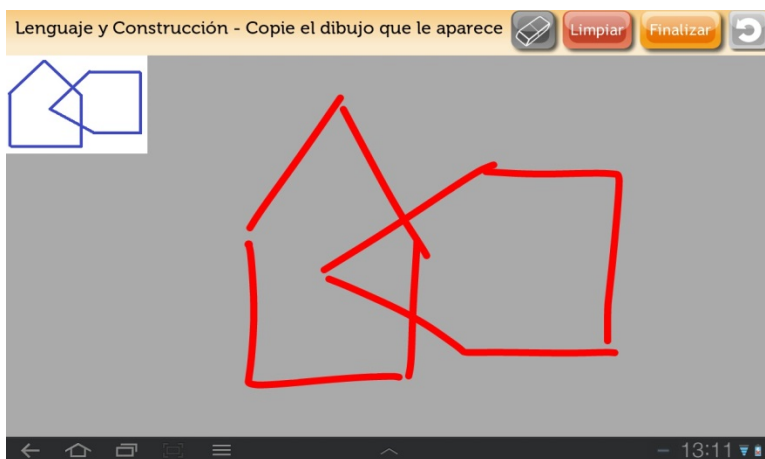
En tratamiento le aparecería al paciente el entrenamiento que tiene programado y tiene la opción para acceder al programa comercial Smartbrain (Programa) o a las fichas propias de la aplicación (Figuras) como se puede observar en la Fig. 19, 20 y 21.



**Fig. 19** Vista de la aplicación móvil del paciente opción tratamiento.



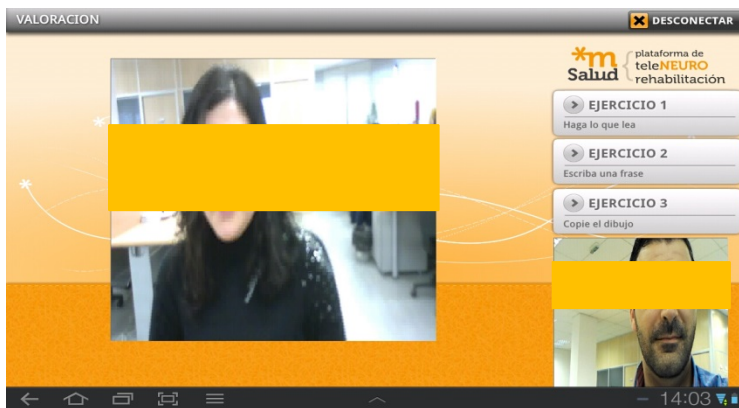
**Fig. 20** Vista de la aplicación móvil del paciente opción tratamiento si selecciona programa (Smartbrain).



**Fig. 21** Vista de la aplicación móvil del paciente opción tratamiento si selecciona figuras (fichas propias).

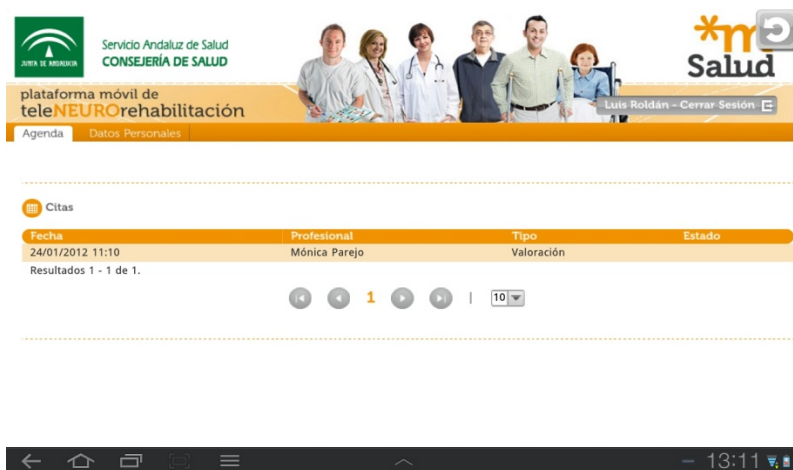
En la Fig. 22 se muestra la opción de videoconferencia, cuando el rehabilitador realiza una videoconferencia con el paciente.





**Fig. 22** Vista de la aplicación móvil del paciente opción videoconferencia.

En la Fig. 23 se muestra la opción de datos personales y agenda.



**Fig. 23** Vista de la aplicación móvil del paciente opción agenda/datos personales.

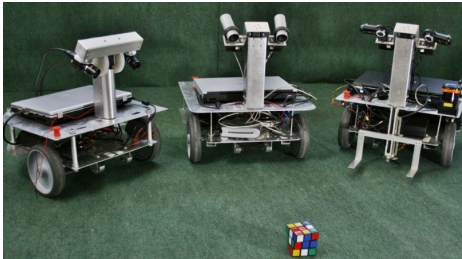
Finalmente en la Fig. 24 se muestra la opción de incidencias. Mediante dicha opción los pacientes podrán comunicarse enviando mensaje de voz con los profesionales sanitarios en caso de tener alguna consulta o duda.



**Fig. 24** Vista de la aplicación móvil del paciente opción peticiones

## Anexo II: Prototipos de la plataforma robótica desarrollada para el entrenamiento motor de pacientes con PCI y PBO y pruebas iniciales de usabilidad

El primer prototipo de plataforma robótica se realizó en colaboración con la Universidad de Extremadura. Dicho prototipo partió del robot Robex, desarrollado en el propio laboratorio de la Universidad, el cual se muestra en la Fig.1



**Fig. 1** Imagen de robots Robex.

El robot Robex dispone de un ordenador Linux que se conecta a través de *wifi* a un potente clúster de escritorio. Dispone de dos motores responsables del movimiento y un láser de 4 metros de rango. También tiene un microcontrolador que controla los tres servos de la cabeza que sostiene dos cámaras. Además este robot tiene sensores con 3 acelerómetros para detectar variaciones rápidas de velocidad. Sin embargo, este robot tal cual no dispone de altura suficiente ni de brazos para poder realizar los ejercicios motores que forman parte del entrenamiento. Es por ello, que tras reuniones con los profesionales clínicos del hospital se tuvieron que realizar cambios incluyéndose unos brazos robóticos, un aumento la altura y la incorporación de una envoltura con apariencia de oso de peluche para que fuera más amigable para los pacientes. El primer prototipo del robot se visualiza en la Fig. 2.



**Fig 2.** Primer prototipo de plataforma robótica desarrollada realizando pruebas de detección en la sala de rehabilitación del Hospital Universitario Virgen del Rocío

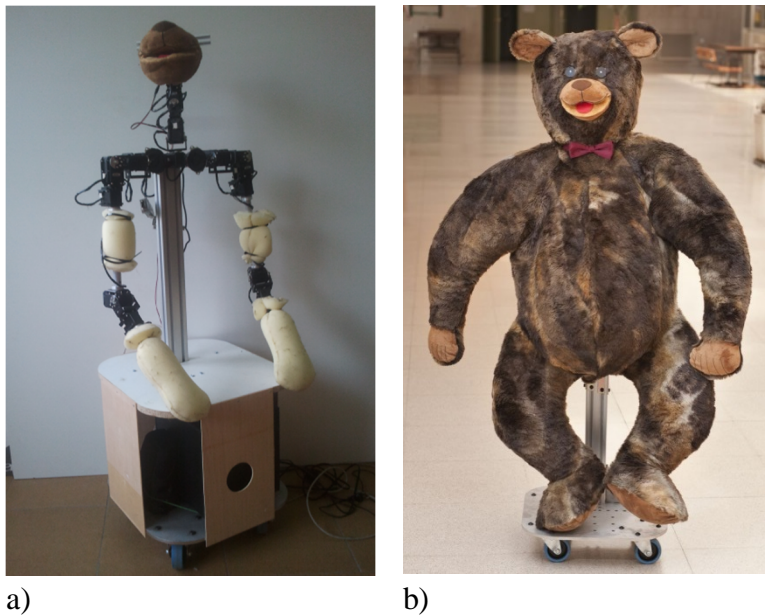
Como se puede observar en la figura, se muestra una prueba en el espacio habilitado para realizar la rehabilitación en el Hospital Universitario Virgen del Rocío. Este primer prototipo detectaba los movimientos basándose en la identificación de unas marcas que se colocaban en el brazo. El reconocimiento de dichas marcas por parte de la plataforma robótica se hacía utilizando tecnologías de realidad aumentada como se puede observar en Fig. 3.



**Fig. 3** Imágenes de etiquetas de realidad aumentada utilizadas para la detección del movimiento por parte del primer prototipo de plataforma robótica.

En las pruebas se detectaron una serie de mejoras, como que la detección de movimientos mediante etiquetas de realidad aumentada era complicada en movimientos en donde se ocultaba la etiqueta y que lo ideal sería que el paciente no tuviera nada, para interferir lo menos posible en su entrenamiento. También se detectó que habría que cubrir cables y motores, aumentar la autonomía y darle algo más de realismo al robot.

Relacionado con la apariencia del robot, se contactó con la facultad de Bellas Artes de la Universidad de Extremadura y participaron en el diseño de un robot más amigable. Así mismo, se incluyó un motor de un grado de libertad para que el robot tuviera una boca articulada, de forma que pudiera abrirla y diera la sensación de que hablaba. También se incluyó un motor con cuatro grados de libertad en la zona del cuello, para que el robot pudiera tener un cuello articulado. Y un motor con cinco grados de libertad en los brazos para que pudiera hacer más movimientos. Asimismo, se incluyó una cámara RGBD que permitió la detección de movimientos sin necesidad de utilizar etiquetas en el paciente, un altavoz y una base pasiva que cubriera motores, ordenador y cables. En la Fig. 4 se muestra la imagen de la segunda versión del prototipo. En Fig. 4 a) se muestra la arquitectura interna sin el recubrimiento y en la Fig. 4 b) la imagen final del segundo prototipo.



**Fig. 4** a) Imagen de la arquitectura interna de la segunda versión de prototipo. b) Imagen externa del segundo prototipo de plataforma robótica desarrollado.

Tras unas segundas pruebas se consideró necesario incluir la cámara Kinect para mejorar la detección de los movimientos y también se realizaron unos cambios de aspecto sugeridos por los profesionales sanitarios. La tercera versión del prototipo se muestra en la Fig. 5.



**Fig. 4** Imagen de la tercera versión del prototipo de plataforma robótica desarrollado.



Para valorar esta tercera versión de la plataforma, se realizó una prueba de usabilidad con 6 pacientes con PCI y PBO del Hospital Universitario Virgen del Rocío. En la Fig. 5 se muestran imágenes de dichos pacientes realizando pruebas de usabilidad con la tercera versión del prototipo de la plataforma robótica desarrollada.



**Fig. 5** Pacientes con PCI y PBO realizando pruebas de usabilidad con la tercera versión del prototipo de la plataforma robótica desarrollada.

Las sensaciones causadas por el robot en pacientes, familiares y personal clínico fueron muy favorables. El cambio de imagen respecto al prototipo anterior fue clave en su aceptación generalizada. No hubo comentarios sobre nuevos cambios en la estética. A pesar de estos avances queda trabajo para llegar a una estética de acabado industrial comercializable. Todos los pacientes interactuaron con el robot de manera natural y sin apenas esfuerzos. Los niños respondieron rápidamente, imitándolo lo mejor que sus

capacidades motoras se lo permitieron. El robot fue capaz de seguir a 4 de los 6 pacientes sin ningún problema, sin pérdidas significativas en el transcurso de las diferentes pruebas.

Partiendo de que la interacción humana tiene un gran componente verbal, y aunque el mayor de los niños no superaba los 7 años, las frases que emitía el robot eran bien recibidas. El robot emitía frases que un operador indicaba por teclado. Los niños contestaban creyendo que el robot les oía y entendía, salvo uno que se dio cuenta de que era una persona la que escribía las frases. En este sentido, se considera necesario dotar al robot de módulos de reconocimiento automático del habla y de procesamiento de lenguaje natural. Si esta interacción pudiera mantenerse de forma coherente y robusta, la empatía podría aumentar considerablemente, facilitando así la conducción de la sesión por parte del robot.

Además el motor de síntesis de voz, el cual fue proporcionado por la empresa Verbio se observó que era necesaria modificarlo para que tuviera una voz más humana, cuya entonación pueda ser modificada en función de la intención con que se quiera generar esa frase. Asimismo, se detecta que hay que mejorar la autonomía del robot e incluir un sistema más potente de ventilación que enfríe correctamente los distintos componentes, porque tras la realización de dos sesiones de 20 minutos, los componentes del robot se calientan y el sistema se para.

Como alternativa, dado que el sistema software de la plataforma robótica fue diseñado para que fuera compatible con cualquier hardware, se opta por mejorar el software y recurrir para el hardware a una solución comercial que tenga resuelto problemas de autonomía y de ventilación. En ese sentido, se decide optar por el robot Nao por ser una plataforma amigable y de bajo coste. Nao es un robot humanoide programable y autónomo, desarrollado por Aldebaran Robotics, una compañía de robótica francesa con sede en París subsidiaria del grupo Softbank. Nao dispone de una versión académica desarrollada para las universidades y laboratorios con fines de investigación y educación. Nao pesa 4.3 Kg, tiene una autonomía que varía entre 90 minutos y 60, suficiente para la realización de las sesiones de rehabilitación sin necesidad de conectarlo a la red eléctrica. Nao presenta entre 21 y 25 grados de libertad, una CPU Intel Atom de 1.6 GHz, dispone de sistema operativo NAOqi 2.0 que está basado en Linux y es compatible con Windows, Mac OS y Linux. El lenguaje de programación es C++, Python, Java, MATLAB, Urbi, C, .Net. Nao además dispone de dos cámaras de alta definición, cuatro micrófonos, telémetro sonar, dos emisores y receptores infrarrojos, placa de inercia, nueve sensores táctiles y ocho sensores de presión. También dispone de conexión Ethernet y *wifi*. En la Fig. 6 se puede visualizar una imagen del robot Nao.



**Fig. 6** Robot Nao

En relación al software se trabajó para que el robot fuera lo más autónomo posible, sin necesidad de interacción por parte del usuario. En ese sentido, la arquitectura del robot incluye inteligencia artificial y se compone de tres niveles de planificación automática. Las acciones del robot no están programadas. El robot tiene un modelo del mundo y un conjunto de acciones posibles definidas. El robot tiene la capacidad de cambiar su comportamiento dependiendo de eventos externos. La arquitectura software estaba basada en componentes individuales extensible y configurables fácilmente. El software desarrollado es independiente de la plataforma robótica hardware, proporcionándole una completa autonomía al robot. Se definen tres niveles de planificación dependiendo de la información que usa. El nivel más alto define las sesiones planificadas dependiendo de la configuración de la terapia y de las restricciones del paciente. El nivel medio de planificación define las acciones concretas dependiendo de la sesión planificada y de los datos antropométricos capturados desde la Kinect. El tercer nivel es el encargo de interpretar dichas acciones para que el robot Nao las desarrolle.

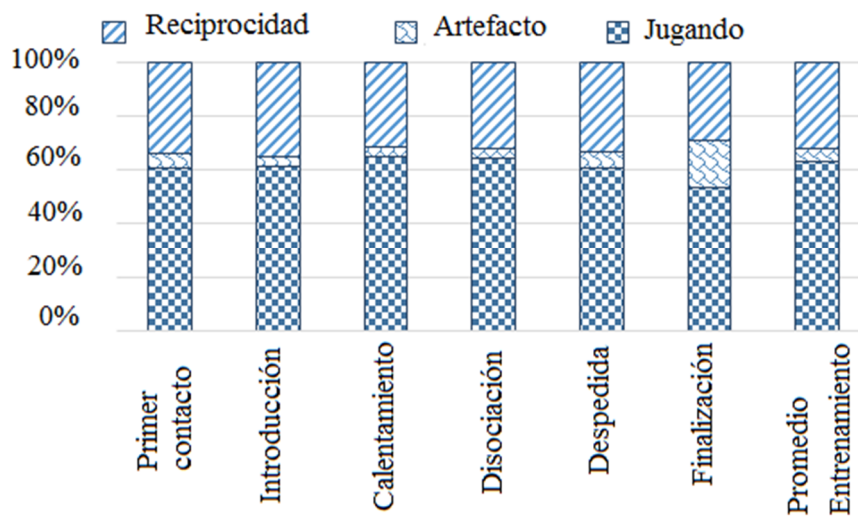
Previa a la evaluación clínica con los pacientes del hospital, se realizó una prueba de usabilidad con 120 niños de colegios. Los resultados de esta prueba de usabilidad permitieron mejorar algunas funciones relacionadas con la empatía, percepción amigable. Los puntos que fueron evaluados fueron la interacción social, el comportamiento del niño, el rendimiento y la usabilidad del robot. En la prueba se identificaron cuatro aspectos para ser evaluados en la rehabilitación del robot. Los aspectos fueron la emoción, intencionalidad, mirada y comunicación. Para cada aspecto se definieron una serie de comportamientos. Cada comportamiento fue clasificado en tres categorías, jugando, reciprocidad y artefacto. Jugando significa que el paciente está entrenando con el robot de forma correcta, reciprocidad es el estado donde se produce una comunicación entre el paciente y el robot y artefacto son situaciones no deseadas. En la Tabla 1 se muestra los diferentes aspectos y categorías evaluados.



**Tabla 1.** Clasificación de aspectos comportamientos y categorías analizados en prueba de usabilidad.

Aspectos	Comportamientos	Categorías
Emociones	Disfruta es feliz,	Jugando
	Concentración	
	Neutral	
	Ansiedad, frustración	Artefacto
	Pereza, aburrimiento	
Miedo, disgusto		
Intencionalidad	Entusiasmado	Jugando
	Adecuado	
	Aburrido	
	No entrena	
Mirada	Mira al robot	Reciprocidad
	Se mira a sí mismo	
	Mira a otros	Artefacto
	No está involucrado	
Comunicación	Habla e interacciona con el robot	Reciprocidad
	Habla o interacciona con el robot	
	Escucha al robot	Artefacto
	Habla con otros	

Se analizaron 50 videos seleccionados aleatoriamente de la prueba de los niños del colegio. El entrenamiento se divide en diferentes fases, distinguiéndose el primer contacto, introducción, calentamiento, entrenamiento, disociación, despedida y finalización. El análisis de los videos se puede ver en la Fig.6.



**Fig. 6** Análisis de los 50 videos grabados durante la prueba de usabilidad en el colegio.

---

En la figura se puede observar, que el porcentaje de artefacto en general es pequeño en todas las fases del entrenamiento, aumentando en la fase de despedida porque este es el momento en que el robot dice "adiós" al paciente y el paciente puede considerar que el entrenamiento ha terminado y al finalizar, pero como se puede observar en promedio el porcentaje es bastante bajo. Tras esta prueba y poner a puntos aspectos relacionados con la voz del robot para que fuera más amigable, el prototipo estaba listo para realizar el pilotaje y los resultados se indican en el Capítulo 5, apartado 5.2.

## Anexo III: Instrumentos clínicos de medida para pacientes con daño cerebral adquirido

### Anexo III Cuestionarios de aceptación de la tecnología de la aplicación de la aplicación de telerehabilitación cognitiva para pacientes con daño cerebral adquirido

#### Perfil paciente:

Valore las siguientes cuestiones respecto a la aplicación de **telerehabilitación cognitiva** para pacientes con daño cerebral adquirido que ha usado:

1. ¿Cree que le ha permitido una mayor comunicación con el responsable de su tratamiento rehabilitador?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

2. ¿Considera que ha recibido una rehabilitación personalizada?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

3. ¿Le ha permitido reducir los desplazamientos al hospital para hacer su rehabilitación?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

4. ¿La aplicación le ha parecido fácil e intuitiva?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

5. En general, ¿se ha sentido cómodo y atendido por su médico rehabilitador?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

6. ¿La aplicación ha funcionado correctamente?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

7. ¿Cómo le ha parecido la calidad del soporte técnico recibida?

1 (muy mala)	2 (mala)	3 (Indiferente)	4 (buena)	5 (muy buena)	No sabe/ no contesta

8. ¿Considera que se ha encontrado más motivado al realizar la rehabilitación con la aplicación?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

9. ¿La aplicación ha reducido la carga asistencial de su familiar/cuidador?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

10. En caso de resultar necesario, ¿recomendaría a otro paciente a usar la aplicación para su rehabilitación?

1 (No)	2 (Indiferente)	3 (Sí, sin lugar a	No sabe/ no

nunca)		dudas )	contesta

11. ¿Cuál es su satisfacción global?

1 (Nada satisfecho)	2 (poco satisfecho)	3 (Indiferente)	4 (Muy satisfecho)	5 (Totalmente satisfecho)	No sabe/ no contesta

12. Sugerencias/Mejoras:

### Perfil cuidador/familiar:

Valore las siguientes cuestiones respecto a la aplicación de telerehabilitación cognitiva para pacientes con daño cerebral adquirido que ha usado:

1. ¿Cree que le ha permitido a su familiar una mayor comunicación con el equipo responsable del tratamiento rehabilitador?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmented e acuerdo)	No sabe/ no contesta

2. ¿Considera que su familiar ha recibido una rehabilitación personalizada?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmented e acuerdo)	No sabe/ no contesta

3. ¿Le ha permitido reducir desplazamientos al hospital para que su familiar realice la rehabilitación?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

4. ¿Le ha parecido fácil e intuitiva para su familiar?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

5. ¿Ha funcionado correctamente?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

6. ¿Cómo le ha parecido la calidad del soporte técnico que ha recibido durante el uso por parte de su familiar?

1 (Muy mala)	2 (Mala)	3 (Indiferente)	4 (Buena)	5 (Muy buena)	No sabe/ no contesta

7. ¿Cree que su familiar se ha sentido cómodo y ha estado atendido por su médico rehabilitador?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

8. ¿Considera que su familiar se ha sentido más motivado en hacer la rehabilitación con esta aplicación?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

9. ¿Cree que la aplicación ha ayudado a la rehabilitación de su familiar?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

10. En caso de resultar necesario, ¿aconsejaría a otro paciente usar la aplicación para su rehabilitación?

1 (No, nunca)	2 (Indiferente)	3 (Sí, sin lugar a dudas)	No sabe/ No contesta

11. ¿Cuál es su satisfacción global?

1 (Nada satisfecho)	2 (Poco satisfecho)	3 (Indiferente)	4 (Muy satisfecho)	5 (Totalmente satisfecho)	No sabe/ no contesta

12. Sugerencias/Mejoras:

## Perfil profesional sanitario

Valore las siguientes cuestiones respecto a la aplicación de **telerehabilitación cognitiva** para pacientes con daño cerebral adquirido que ha usado:

1. ¿Cree que le ha permitido una mayor comunicación con su paciente y/ o el familiar/cuidador?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

2. ¿Considera que le ha proporcionado a su paciente una rehabilitación personalizada?

1 (Nada de acuerdo)	2 (Poco de acuerdo)	3 (Indiferente)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)	No sabe/ no contesta

3. ¿Considera que permite reducir los desplazamientos al hospital de los pacientes para hacer la rehabilitación?

1	2	3	4	5 (Totalmente	

<b>(Nada de acuerdo)</b>	<b>(Poco de acuerdo)</b>	<b>(Indiferente)</b>	<b>(De acuerdo)</b>	<b>de acuerdo)</b>	<b>No sabe/ no contesta</b>

4. ¿La aplicación le ha parecido fácil e intuitiva?

<b>1 (Nada de acuerdo)</b>	<b>2 (Poco de acuerdo)</b>	<b>3 (Indiferente)</b>	<b>4 (De acuerdo)</b>	<b>5 (Totalmente de acuerdo)</b>	<b>No sabe/ no contesta</b>

5. ¿La aplicación ha funcionado correctamente?

<b>1 (Nada de acuerdo)</b>	<b>2 (Poco de acuerdo)</b>	<b>3 (Indiferente)</b>	<b>4 (De acuerdo)</b>	<b>5 (Totalmente de acuerdo)</b>	<b>No sabe/ no contesta</b>

6. ¿Cómo le ha parecido la calidad del soporte técnico recibida?

<b>1 (muy mala)</b>	<b>2 (mala)</b>	<b>3 (Indiferente)</b>	<b>4 (buena)</b>	<b>5 (muy buena)</b>	<b>No sabe/ no contesta</b>

7. ¿La aplicación ha reducido su carga asistencial?

<b>1 (Nada de acuerdo)</b>	<b>2 (Poco de acuerdo)</b>	<b>3 (Indiferente)</b>	<b>4 (De acuerdo)</b>	<b>5 (Totalmente de acuerdo)</b>	<b>No sabe/ no contesta</b>

8. En caso de resultar necesario, ¿recomendaría a otro paciente a usar la aplicación para su rehabilitación?

<b>1 (No, nunca)</b>	<b>2 (Indiferente)</b>	<b>3 (Sí, sin lugar a dudas)</b>	<b>No sabe/ no contesta</b>

9. ¿Cuál es su satisfacción global?



1 (Nada satisfecho)	2 (poco satisfecho)	3 (Indiferente)	4 (Muy satisfecho)	5 (Totalmente satisfecho)	No sabe/ no contesta

#### 10. Sugerencias/Mejoras:

## Anexo IV Cuestionario de satisfacción y usabilidad de la plataforma robótica de rehabilitación motora para pacientes con PCI y PBO

### Perfil Paciente

#### 1. Parte cuantitativa

¿Te gusta jugar y hacer los ejercicios con el robot?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Te gustaría poder llevarte el robot a casa?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Te agobias a veces con el robot?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Tú crees que el robot puede verte?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que haces movimientos bien que el robot te dice que los haces mal?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que los ejercicios son aburridos?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que el robot te ayuda a poner más fuerte tu brazo?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

## 2. Parte cualitativa

- ¿Te gustaría que el robot pudiese hacer algo que no haga ahora? ¿Qué cosas?
- ¿Qué parte de los ejercicios te gusta más: La primera parte o el juego del Simons?
- ¿Qué parte de los ejercicios te resulta más difícil: La primera parte o el juego del Simons?

## Perfil cuidador/familiar

### 1. Parte cuantitativa

¿Crees que a tu hijo le gusta jugar y hacer los ejercicios con el robot?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Le cuesta venir al niño al hospital para jugar con el robot (se niega a venir o viene dormido y se no quiere jugar)?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Le gustaría poder llevarse el robot a casa para que su hijo pudiese hacer los ejercicios?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Notas que se agobia a veces con el robot?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que hace movimientos bien que el robot le dice que los haces mal?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón

No sabe/no contesta

¿Crees que los ejercicios son aburridos?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que el robot ayuda a tu hijo a rehabilitar y a mejorar la movilidad del brazo que tiene afectada?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que hace mejor ahora los ejercicios que cuando empezó?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

## 2. Parte cualitativa

- ¿Te gustaría que el robot pudiese hacer algo que no haga ahora que pudiera ayudar más a tu hijo? ¿Qué cosas?
- ¿Ha notado que su hijo en casa haga algún movimiento que antes no podía hacer o ahora lo hace mejor? Si es sí, explíqueme cuales:
- Si este robot estuviera disponible en el futuro para seguir haciendo rehabilitación sea en el hospital o en colegios. ¿Le gustaría seguir participando?

## **Perfil profesional sanitario**

### 1. Parte cuantitativa

¿Crees que a los pacientes les gusta jugar y hacer los ejercicios con el robot?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Cree que los pacientes se pueden agobiar con el robot?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que los pacientes hacen movimientos bien que el robot le dice que los haces mal?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que los ejercicios que hace el robot son aburridos?

- (5) Para nada
- (4) No mucho
- (3) Un poco
- (2) Bastante
- (1) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que el robot ayuda a tus pacientes en la rehabilitación y a mejorar la movilidad del brazo que tiene afectada?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

¿Crees que los pacientes en términos generales hacen mejor los ejercicios, movimientos de la mano afecta tras realizar el entrenamiento con la plataforma?

- (1) Para nada
- (2) No mucho
- (3) Un poco
- (4) Bastante
- (5) Un montón
- No sabe/no contesta

2. Parte cualitativa:

- ¿Te gustaría que el robot pudiese hacer algo que no haga ahora? ¿Qué cosas?
- ¿Has notado que sus pacientes hagan algún movimiento que antes no podía hacer o ahora lo hace mejor? Si es sí, explíqueme cuales:
- Si este robot estuviera disponible en el futuro para seguir haciendo rehabilitación, ¿Le gustaría que los pacientes continuarán con esta terapia?
- ¿Qué otras prestaciones o para que podía ser útil el robot además de para la rehabilitación?